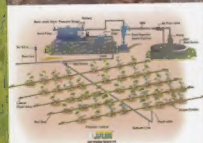


إستصلاح الأراضي والرى والصرف



Faculty of Agriculture
2009



د. احمد فريد سعد

أستاذ م. فيزياء الأراضي

د. جابر محمد حسن

أستاذ م. فيزياء الأراضي

د. أنور عبد الرحمن على

مدرس كيمياء الأراضي

أساسيات

إستصلاح وتحسين الأراضي والري والصرف

إعداد

د. جابر حسن
أستاذ مساعد فيزياء الأراضي

د. أحمد فريد سعد
أستاذ مساعد فيزياء الأراضي

د. أنور عبد الرحمن على
مدرس الكيمياء البيئية للأراضي والمياه

قسم علوم الأراضي والمياه
كلية الزراعة بالشباطي — جامعة الإسكندرية

2009

الجزء الأول

أساسيات إستصلاح الأراضي

Principles of Land Reclamation

د. أنور عبدالرحمن على

مدرس الكيمياء البيئية للأراضي والمياه

قسم علوم الأراضي والمياه

كلية الزراعة بالشاطبي — جامعة الإسكندرية

المحتويات

الصلحة

الموضوع

مقدمة

الموارد المائية

الباب الأول

- 10 تمهيد
- 11 العرب تحت خط الفقر المائي
- 12 الموارد المائية في مصر
- 13 الاتفاقيات الخاصة بنهر النيل
- 18 المشروعات التي شاركت فيها مصر دول حوض النيل من أجل الاستفادة من مياه النهر في مشروعات التنمية لدول الحوض
- 19 المشروعات المصرية في منطقة اعالي النيل
- 22 المشروعات التي نفذتها مصر عبر العصور للاستفادة من ثروتها المائية في التنمية البشرية
- 25 الإدارة المتكاملة للموارد المائية
- 26 التحديات التي تواجه مصر في إدارة الموارد المائية
- 27 الاستراتيجية المائية (مواجهة التحديات)
- 30 سبل زيادة كفاءة استخدام الموارد المائية في القطاع الزراعي
- 32 المياه الجوفية في منطقتنا العربية
- 33 نوعية المياه للجوفية
- 33 تقييم جودة المياه للرى
- 35 تقييم جودة المياه للرى بطريقة منظمة الأغذية والزراعة (FAO)
- 35 المعايير المحددة لمصالحية المياه للرى
- 43 العلاقة بين ملوحة مياه الرى والمحاصيل

الباب الثاني

الموارد الأرضية وإستصلاح الأراضي في مصر

- 47 تمهيد
- 48 إستصلاح الأراضي في مصر
- 49 مشروعات التوسع الاتقي في مصر
- 51 مقومات إستصلاح الأراضي الصحراوية
- 56 الأراضي الصحراوية القابلة للإستصلاح في مصر

المحتويات

الصفحة

الموضوع

خواص ومشاكل أراضي الاستصلاح

الباب الثالث

62	تمهيد
63	الأراضي الملحية
64	الميزان المائي في مصر ودوره في تلج الأراضي
66	تحمل المحاصيل للملاح
68	مصادر الأملاح في الأرض
70	الأرض الملحية السوديّة
71	الأراضي السوديّة غير الملحية
72	الملاح المورفولوجية للأراضي المتأثرة بالأملاح والسودية
73	إدارة والتغلب على مشاكل الملوحة
75	استصلاح الأراضي السوديّة و الأراضي الملحية السوديّة
79	تقسيم المحاصيل حسب درجة تحملها للملوحة
80	الأراضي الرملية
80	الخواص الطبيعية للأراضي الرملية
82	الخواص الكيماوية للأراضي الرملية
83	مستوى العناصر الغذائية بالأراضي الرملية
85	تحسين واستغلال الأراضي الرملية
87	التوصيات الخاصة بتحسين واستغلال الأراضي الرملية
89	طرق الري ومدى ملائمتها للأراضي الرملية
92	الأراضي الجيرية
93	التركيب المعدني للأراضي الجيرية
94	الخواص الكيماوية لهذه الأراضي
96	التوصيات الخاصة بتحسين وإستزراع الأراضي الجيرية
98	الأراضي الجبسية
98	إستصلاح الأراضي الجبسية

المحتويات

<u>الصفحة</u>	<u>الموضوع</u>
99	الأراضي الطفلية
100	النقاط الواجب توفرها عند إستزراع الأراضي الطفلية
101	طرق إستصلاح الأراضي
103	أنواع الصرف الزراعي
104	المصارف المكشوفة
105	المصارف المنطاه
106	علاج مشاكل الأراضي الجديدة
110	التربة وزراعة أشجار النقاكة

المراجع

مقدمة

نشطت مصر نشاطاً ملحوظاً في مجال إستصلاح وإستزراع الأراضي في الأونة الأخيرة إلا أن هذا النشاط مقروناً بالزيادة السريعة في عدد السكان يعتبر غير كافٍ، بل ويقابل هذا النشاط في كثير من الأحيان الزحف العمراني وبعض عمليات التصحر وتغليح التربة ... إلخ، مما أدى في النهاية إلى أن الزيادة في الرقعة الزراعية غير محسوسة.

والزيادة المضطردة في عدد السكان بلغت حداً الأقصى ليس على المستوى األى فقط بل والعالمى أيضاً ، مما جعل العلاقة بين الزيادة في الرقعة الزراعية وزيادة السكان غير مقبولة وغير متكافئة. ومن هنا فإن التوسع الأفقى يجب أن يتمشى مع هذه الزيادة في السكان . ولتحقيق ذلك يتطلب المزيد من إستصلاح الأراضي بهدف زيادة كمية الإنتاج الزراعى وليس مجرد زيادة المساحة المروعة.

وقد تم عمليات إستصلاح الأراضي بمعالجة عيب أو أكثر بحيث يتم تحويل التربة من حالة غير منتجة إلى أخرى منتجة وبدرجة إقتصادية ، وذلك عن طريق توفير الأساليب والمستلزمات الضرورية لذلك ، ويعتبر أى مشروع لإستصلاح الأراضي مهما كان حجمه عملية إقتصادية متكاملة أركانها متشعبة وتتوقف على عوامل مختلفة ومتداخلة.

وبالتالى فإن إستصلاح الأراضي من الأنشطة التى تحتاج إلى التعاون والتنسيق بين مختلف الجهات، وإذا كان مدار هذه الأنشطة هى الماء والأرض فإن عمليات الإستصلاح تشمل الإنشاءات الضخمة مثل القنوات والسدود وحفر الأبار والطرق والمباني إلخ، كما تشمل العمليات الزراعية على إختلاف أنواعها ولا تغفل هنا التنمية الإجتماعية، أى أن

عملية إستصلاح الأراضي هي منظومة متكاملة. يجب فيها عدم إغفال الجانب الإقتصادى والإجتماعى للوصول إلى إداره مستدامه للموارد الأرضيه والماليه.

وعرضنا لإستصلاح الأراضي فى هذا الكتاب يتناول الموضوع بنظرة شاملة لمشروعات إستصلاح الأراضي، فتجاح أى مشروع هو محصلة لتسيق أفضل أوجه الإستخدام للأرض والماء والنبات مع الإستعانة بأحدث الوسائل والتقنيات والآلات.

وسوف يتناول الكتاب خواص الماء ومحددات إستخدامها وكذلك خواص ومشاكل الأنواع المختلفة من الأراضي وكيفية إستصلاحها.

ونرجو من الله أن يضيف هذا الكتاب للمكتبة العربية والله ولى التوفيق.

الإسكندرية فى سبتمبر ٢٠٠٩

ذكور

أنور عبدالرحمن على

الباب الأول

الموارد المائية

تمهيد

العرب تحت خط الفقر المالي

الموارد المائية في مصر

الاتفاقيات الخاصة بنهر النيل

المشروعات التي شاركت فيها مصر دول حوض النيل من أجل الاستفادة من مياه النهر في مشروعات التنمية لدول الحوض

المشروعات المصرية في منطقة اعلى النيل

المشروعات التي نفذتها مصر عبر العصور للاستفادة من ثروتها المائية في التنمية البشرية
الإدارة المتكاملة للموارد المائية

التحديات التي تواجه مصر في إدارة الموارد المائية

الاستراتيجية المائية (مواجهة التحديات)

سبل زيادة كفاءة استخدام الموارد المائية في القطاع الزراعي

المياه الجوفية في منطقتنا العربية

نوعية المياه الجوفية

تقييم جودة المياه للرى

تقييم جودة المياه للرى بطريقة منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

المعايير المحددة لصلاحية المياه للرى

العلاقة بين ملوحة مياه الرى والمحاصيل

الموارد المائية

تمهيد

تعتبر المياه شريان الحياة والعامل المحدد لإستصلاح الأراضي وأساس التنمية الإقتصادية والإجتماعية، وصدق الله العظيم إذ يقول فى كتابة الكريم "وجعلنا من الماء كل شئء حى" سورة الأنبياء الآية 30.

وإستخدام المياه فى الزراعة يلى فى أهميَّة إستخدامها فى الشرب وفى الواقع فإن الزراعة تعتبر أكبر المستهلكين لمصادر المياه العذبة حيث تستهلك الزراعة حوالى 70% من إمدادات المياه العذبة السطحية.

وترجع أهمية المياه فى أنها تمثل 75% من وزن جسم الإنسان ، و80% فى معظم الخضروات وفى الوقت نفسه فإن المياه من مسببات 80% من الامراض فى العالم سواء لتلوثها أولعدم وفرتها طبقا لاحتياجات الانسان. كذلك فإنه لايمكن فصل الاحتياجات المائية عن عملية التنمية حيث أن حضارة الانسان وتطوره أصبحا يقاسان بكمية المياه التى تستخدم فى حياته اليومية.

وفى الواقع تعاني الكرة الأرضية من ندرة فى المياه العذبة فإذا نظرنا إلى الكرة الأرضية نجد أن حوالى ثلاثة أرباع مسطح الكرة الأرضية مغطى بالمياه متمثلة فى مياه المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات والثلاجات. ومعظم المياه الموجوده على سطح الكرة الأرضية هى مياه مالحة وتبلغ نسبتها حوالى 97.47% من الماء الكلى بينما تبلغ نسبة المياه العذبة المتواجدة على سطح الأرض 0.0103% فقط من المياه الكلية.

وفى دراسات العقد المائى الدولى International Hydrology Decade وأوضح العلماء الروم أن إحتياطى الماء العذب فى العالم وفى جملته ماء الأنهار

والبحيرات والماء الجوفى وحقول الثلج والأنهار الجليدية يبلغ نحو 35 مليون كم³ أو نحو 2.5% من مجموع ماء الأرض ولكن الكمية المتاحة من هذا المقدار بسهولة ويسر أقل كثيراً من ذلك إذ أن 70% من هذا الاحتياطي متجمد فى تلوج وجليد المنطقة الشمالية وقارة أنتاركتكا بالقطب الجنوبي وجرينلند ويقدر ما بباطن الأرض من الماء العذب بنحو 10.5 مليون كم³ ويشكل هذا الاحتياطي إحد المصادر الرئيسية لكثير من البلاد.

العرب تحت خط الفقر المائي

يعيش أكثر من 90% من مواطني البلدان العربية تحت خط الفقر المائي عالمياً، وترجمة هذا بالأرقام حسب الإحصائيات العالمية، يبلغ متوسط نصيب الفرد في البلاد العربية 950 متراً مكعباً في السنة، أي ما يوازي أقل من 7% تقريباً من متوسط نصيب الفرد عالمياً الذي يقدر بـ 12500 متر مكعب من موارد المياه المتجددة سنوياً . وفي ظل استمرار ندرة المياه وتراجع مستويات تجددتها، ستواجه الكثير من البلدان العربية بما في ذلك سوريا أزمت خائفة في المياه، بسبب ارتفاع معدلات الطلب على المياه لتغطية الزيادة الطبيعية في النمو السكاني، الذي يعد من أعلى المعدلات في العالم، (7. 2 في البلدان العربية، 1.6 عالمياً) . وإذا ما استمرت نسبة الزيادة السنوية المرتفعة جداً في النمو السكاني مترافقة مع الشح الشديد في الموارد المائية، سيتقلص نصيب الفرد في البلدان العربية إلى ما دون 550 متراً مكعباً في السنة، مما سيؤدي إلى تقلص المساحات الزراعية الضامرة أصلاً، وعدم كفاية مياه الشرب، وهذا يشكل أحد التحديات الاستراتيجية لخطط التنمية في المجتمعات العربية خلال السنوات القريبة القادمة.

الموارد المائية في مصر

تعتبر المياه العنصر الرئيسي للتنمية المستدامة والمتكاملة على ارض مصر ، ويرتبط التوسع الأفقى فى الزراعة بقدرة الدولة على تدبير المياه اللازمة لهذا التوسع ، كما أن اقتصاديات استخدام المياه ومستقبلها على المدى البعيد تقتضى البحث عن بدائل وتحديد مقدار الموارد المائية المتاحة فى الوقت الحاضر ، والمزيد الذى يمكن الحصول عليه من تلك الموارد فى المستقبل ومصادر المياه المهيأة للاستخدام ، وتتحصر الموارد المائية لمصر فى:

1 مياه النيل:

تعتمد مصر اعتماداً أساسياً فى مياهها على نهر النيل وعلى حصتها الثابتة منه والتي تقدر بنحو 55.5 مليار متر مكعب، و نهر النيل من أطول أنهار العالم ويبلغ طوله من منبعه الى مصبه 6825 كم . ويبلغ إيراد النهر نحو 1630 مليار متر مكعب سنوياً لا تستغل منه الا 10% فقط والباقي مفقود، ويبلغ طول نهر النيل فى مصر 1530 كم . وتبلغ مساحة حوضه 3.1 ملايين متر مربع ، ويغضى هذا حوض الدول العشر التالية : رواندا ، بروندي ، وتنزانيا ، والكونغو ، كينيا ، أوغنده ، إثيوبيا ، السودان ، مصر. يبلغ حجم الموارد المائية فى مصر حوالى 69.7 مليار متر مكعب تستخدم فى كافة الأغراض ، ويمثل نهر النيل أكثر من 95% من موارد مصر المائية، وبفضل إنشاء السد العالى عام 1964 واستخدام سعيته الكبيرة للتخزين المستمر أصبحت مصر تضمن الحصول على إيراد سنوى ثابت من المياه . أما استهلاك مصر من المياه الجوفية السطحية حوالى 2.6 مليار متر مكعب، وحوالى 0.5 مليار متر مكعب من المياه الجوفية العميقة و4.7 مليار متر مكعب من مياه

الصرف الزراعى و 0.2 مليار متر مكعب من المياه المعاد تنقيتها، وبذلك يكون جملة الموارد المائية فى مصر هى 63.5 مليار متر مكعب.

كان نصيب المواطن فى مصر من مياه النيل عام 1950م حوالى 3000 م³ / سنة، ونقص هذا النصيب الآن ليصبح 650 م³ / سنة، ولو قارنا هذا النصيب بنصيب الأفراد فى دول أخرى مثل الدول الأوروبية ودول أمريكا يقدر بحوالى 32000 م³ / سنة، وفى أوغندا بحوالى 30600 م³ / سنة، وفى كينيا بحوالى 1535 م³ / سنة، أما فى الأردن فنصيب الفرد يقدر بحوالى 200 م³ / سنة، وتعتبر مصر من أفقر 35 دولة فى العالم فى ملكيتها لموارد المياه العذبة (حد الفقر المائى 1000 م³ / سنة).

وتستهلك الزراعة فى مصر حوالى 87.7% أما الصناعة فتستهلك حوالى 5.54% أما الإستخدام المنزلى فكان 6.8%. وإذا ما قارنا ذلك بالمستوى العالمى فنجد 69% للزراعة، 23% صناعة، 8% للإستخدام المنزلى.

الإنفاقيات الخاصة بنهر النيل

تزايد اهتمام مصر والدول التى تشاركها حوض النيل بتنمية وإدارة الموارد المائية فى السنوات الأخيرة ، وانعكس هذا الاهتمام المتزايد فى أنشطة عدد من الهيئات والمؤسسات الدولية المعنية بذلك. وفى أفريقيا يوجد عدد من الأنهار والبحيرات يمد شعوب القارة باحتياجاتهم من المياه ويعطى فى ذات الوقت صورة حية عن وجود ثروة كبيرة ومخزون من الموارد المائية. وعلى الجانب الآخر توجد فى أفريقيا اكبر صحراء فى العالم، الصحراء الكبرى شمال خط الاستواء ، وصحراء كلهارى فى الجنوب ،ومناطق أخرى جرداء فى معظم أرجاء القارة ، وهناك المحن والدمار التاجمين عن فترات القحط الطويلة فى السهول وأجزاء عديدة فى بلدان أخرى فضلا عن الحاجة الشديدة إلى الغذاء وعلف الماشية والألياف والمرافق الأساسية مثل مياه الشرب والصرف الصحى .

نتيجة لذلك يعطى هذا المناخ العام وتلك المؤشرات حكومات وشعوب القارة رؤية جديدة تتعلق بوجود وضرورة ملحة لوضع آليات وتشريعات تحكم تلك القضية وتعمل على ضبطها حتى لا تتفاقم الأوضاع وتساء العلاقات وتختل المعايير بين دول القارة. فكان لابد من اتفاقيات ومعاهدات وبروتوكولات تنظم وتحكم عملية إدارة موارد المائية في القارة وضبطها . وأبنت اتفاقية مياه النيل بين مصر والسودان عام 1959 التي بموجبها تحصل مصر على نصيبها من المياه بمقدار 55.5 مليار متر مكعب سنوياً .

ولقد نصت الاتفاقية الموقعة بين مصر والسودان للانتفاع الكامل بمياه نهر النيل عام 1959 م على تأكيد اتفاقية مياه النيل المعقودة في سنة 1929 بين مصر وأثيوبيا ، والتي تنص على إقامة مشروعات لزيادة إيراد نهر النيل والعمل على الانتفاع الكامل بمياهه بالنظم الفنية المعمول بها، ولقد تم بموجب هذه الاتفاقية الاستفادة القصوى من مشروعات تنمية إيرادات المياه بالنهر من خلال السد العالي في جنوب مصر فضلاً عن إقامة مشروعات لمنع المياه الضائعة في حوض النيل في السودان في مستنقعات بحر الغزال وبحر الزراف وبحر الجبل ونهر السوياط وفروعه وحوض النيل الأبيض ويكون صافى فائدة هذه المشروعات مناصفة بين مصر والسودان وكذلك التكاليف من أجل التوسع الزراعى لخدمة شعبى البلدين .

2. المياه الجوفية

هى المياه الموجودة تحت الأرض التي يمكن الاستفادة بها عن طريق حفر آبار تصل إلى التكوينات الجيولوجية التي تخزن هذه المياه وتمثل المياه الجوفية مورداً هاماً للمياه العذبة في مصر ، وتتعاظم أهميتها في كونها المورد الوحيد بل والأساسى فى صحارى مصر والتي تمثل حوالى 95% من إجمالى المساحة الكلية للبلاد . وتتميز المياه الجوفية بأنه يمكن استخدامها مباشرة دون أى معالجة حيث انها لم

تتعرض للتلوث وكذلك ثبات درجة حرارتها على مدى العام ، وبذلك فهي مورد آمن ونظيف يمكن استخدامه في أغراض الشرب .

وقد حمى الله المياه الجوفية من التلوث نظرا لبعدها عن متناول يد الإنسان ووجودها على أعماق متفاوتة من سطح الأرض . وفي نفس الوقت يجب ان نعلم أنه من الصعب إعادة المياه الجوفية إلى أصلها إذا ماحدث لها تلوث أو أذى . ومن هنا يجب علينا حماية هذه الكنوز الموجودة في باطن الأرض .

وفي إطار خطة تنغية الموارد المائية التي تنفذها الدولة وتنتهى عام 2017 ، يقدّر حجم المياه الجوفية المستهدف توفيره 5.9 مليارات م مكعب . منها نحو 2.7 مليار متر مكعب مياه جوفية ، ونحو 3.2 مليارات م مكعب مياه جوفية عميقة .

وتتوجد الموارد المائية الجوفية في مصر في وادى النيل والدلتا ويتراوح سمك الطبقات الحاملة للماء من 100 – 300 متر ويبلغ المخزون في حوض دلتا النيل حوالى 400 مليار مترا مكعبا وتقدر التغذية السوية له بحوالى 2.6 مليار مترا مكعبا، وتتراوح جودة المياه فيه من 170 جزء في المليون إلى 1700 جزء في المليون.

كما يوجد بمصر أيضا حوض الصحراء الغربية ويقع بين مصر وليبيا والسودان وتبلغ مساحته 1800 كم مربع ويقدر سمك طباقته بين 100-1000 متروالمخزون المائى به نحو 6000 مترا مكعبا ويتغذى بحوالى 1500 مليون متر مكعب وتتميز مياه هذا الحوض بجودته.

وتقدر الموارد الحالية للمياه الجوفية في مصر حوالى 7.4 مليار متر مكعب منها 2.6 مليار متر مكعب من المياه الجوفية غير المتجددة.

وفي دراسة قام بها (Anwar-2009) لمقارنة المياه الجوفية لعدد من واحات الصحراء الغربية لمصر وجد أنه بمقارنة الخواص الكيميائية للمياه الجوفية ، كواحة البحرية والفرافرة والبحرين وسيوه والجارة وجنوب الليبية في محاولة لفهم

العلاقة بين المياه الجوفية لتلك المناطق. وإتضح من التحاليل الكيميائية أن هناك تشابهه جنير للأخذ بالأعتبار بين الخواص الكيميائية للمياه الجوفية لواحة البحرية والفرافرة والمياه الجوفية العميقة (المياه الجوفية لطبقة الحجر الرملى النوبى) لباقي واحات الصحراء الغربية. وعلى العكس من ذلك فإن عينات المياه المأخوذه من المياه الجوفية السطحية (المياه الجوفية لطبقة الحجر الجيرى) من واحة البحرين وسيوه والجاره وجغوب الليبية أظهرت إختلاف واضح فى الخواص الهيدروكيميائية عن المياه الجوفية فى واحتى البحرية والفرافرة، حيث أظهرت هذه العينات السطحية إرتفاع ملحوظ فى محتواها من الأملاح حيث كان تركيز الأملاح الكلية فيها أكثر من 2000 جزء فى المليون، فى حين تركيز الأملاح فى أبار الواحات البحرية والفرافرة والأبار العميقة فى باقى الواحات تراوح بين 200 - 300 جزء فى المليون.

3. مياه الأمطار:

مصر بلد جاف نادر الأمطار فيتراوح معدل سقوطها ما بين 20 - 150 مم سنويا فوق الساحل الشمالى الغربى ثم يتناقص ذلك المعدل تدريجيا فى مختلف المناطق الأخرى ويكاد يتعدم فى جنوب مصر . ومثل هذا المعدل من الأمطار - حتى فى اعلاه وغزارته - لا يوفر مياها أمنة تستطيع مصر الاعتماد عليها فى الزراعة ، وينبغى ألا يقل هذا المعدل عن 600 إلى 700 مم سنويا . ومن ثم فإن الأمطار ستظل مصدرا محدودا لايتماد عليه فى التنمية الزراعية . وإنما يمكن أن تظل الأمطار تؤدى دورها الحاضر فى إنبات المراعى فى المناطق الصحراوية وفى ما يمكن من زراعات بالساحل الشمالى ويمكن توفير من الأمطار حوالى 2 مليار مترا مكعب فى العام .

4. مياه الصرف

في إطار تنمية موارنا المائية المحدودة بدأت مصر منذ الخمسينيات في إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي في ري الأراضي ، وتزايد هذا الاهتمام بتنمية هذا المورد والعمل على معالجة مياه الصرف وإعادة خلطها بمياه النيل ويتم حاليا استخدام حوالي 4.7 مليارات متر مكعب في المتوسط سنويا من مياه الصرف الزراعي ، ومن المخطط أن تصل كمية مياه الصرف المستخدمة إلى 10 مليارات متر مكعب خلال السنوات العشر القادمة . واستخدام مياه الصرف في أغراض الري تجربة جديدة في ميدان الزراعة . وتمت اقامة محطات على بعض المصارف في الدلتا تعمل علي رفع وتدفق مياهها إلى الترع لري الزراعة دون احداث أضرار ، وقد توسعت الدولة في استخدام مياه الصرف الصالحة على أوسع مدى ممكن . وتقدر كميات الصرف المستخدمة بنحو 9 مليارات متر مكعب سنويا .

هذا بالإضافة إلى التنوع الثري للموارد المائية في مصر وما تتميز به من معالم مائية .

الجدول التالي يوضح الموارد والإحتياجات المائية الحالية والمستقبلية في مصر (مليار متر مكعب).

جدول (1): الموارد والإحتياجات المائية الحالية والمستقبلية في مصر (مليار متر مكعب)

إجمالي	الموارد المائية				تعداد السكان (مليون نسمة)	العام
	غير تقليدية		تقليدية			
	معالجة	تحلية	جوفية	سطحية		
63.5	4.9	0.02	3.1	55.5	52	1990
74.07	9.1	0.07	7.4	57.5	86	2025
74.09	9.1	0.09	7.4	57.5	120	2051

تكملة جدول (1)

فجوة الموارد المائية		نصيب الفرد م ق/سنة	الإحتياجات المائية				متجددة %	العام
ب	ا		إجمالي	زراعة	صناعة	شرب		
11.5+	6.1+	1221	57.4	49.7	4.6	3.1	92	1990
11.9-	29.2-	637	103.2	85.4	9.8	8.0	84	2025
45.9-	62.3-	617	136.3	111.9	13.8	10.6	84	2051

المشروعات التي شاركت فيها مصر دول حوض النيل من أجل الاستفادة من مياه
النهر في مشروعات التنمية لدول الحوض

تعد الدائرة الأفريقية أحد أهم ركائز سياسة مصر الخارجية لارتباط القارة
بمصالح مصر الاستراتيجية سواء كان ذلك على الصعيد السياسي والاقتصادي

والاجتماعى والثقافى ، ولعل علاقة مصر بدول حوض النيل وأمتداد نهر النيل الخالد الذى يجمع برباط لا ينقسم الدول العشر المتشاطئة لدليل على مدى عمق وأهمية العلاقات المصرية الأفريقية فى عمومها ومع دول حوض النيل بوجه خاص .

ومن هنا تتعامل مصر مع دول حوض نهر النيل كوحدة جغرافية واحدة تحرص على تتميتها بشكل عام ، وبما يحقق مصالح دوله كلها فى إطار من علاقات التعاون لا التنافس ، وبما يحول النهر الخالد إلى مجال تنمى لخدمة شعوبها . وتؤمن مصر بأن التعاون بين دول الحوض هو السبيل الوحيد لحماية بيئة النهر وتحقيق تنمية متواصلة ومستدامة تقود لعملية اقتصادية تخلق أجواء سياسية مواتية بعيدا عن التنافس وأجواء المواجهة ، وحتى يتحول النهر إلى عامل ربط بين دوله وشعوبه .

المشروعات المصرية فى منطقة اعلى النيل:

تعد اتفاقية التكامل بين مصر والسودان أسبق الاتفاقيات بين مصر والسودان . وكان من أهم نتائج تلك الاتفاقية ما يلى :

• مشروع قناة جونجلي فى منطقة بحر الجبل وبحر الزراف وذلك لأن المياه تفقد فى مستنقعات هذه المنطقة بسبب البخر وتقدر المياه المفقودة بحوالى 15 مليار متر مكعب غير أن العمل توقف فى هذا المشروع بسبب الأوضاع الأمنية فى المنطقة .

• مشروع مستنقعات مشار : يهدف هذا المشروع لجمع الفاقد بمستنقعات مشار وحوض نهر السوبات حيث يفقد نهر السوبات فى هذه المنطقة نحو 4 مليارات متر مكعب من المياه وتجميع ذلك كله فى مجرى واحد .

• مشروع شمال بحر الغزال : تشكل أرض حوض بحر الغزال مستنقعا ضخما تجرى فيه المياه ببطء مما يؤدى إلى فقد معظمها بالتبخر وتبلغ مساحة بحر الغزال 521 كم مربع بما يعادل مساحة 22 مليون فدان ويقوم المشروع فى هذه المنطقة على أساس

حفر قناة لتجميع هذه المياه فى الجزء الشمالى من بحر الغزال وتوصيلها إلى النيل الأبيض .

• مشروع جنوب بحر الغزال : يهدف هذا المشروع أيضا إلى حفر قناة لتجميع مياه الأنهار فى جنوب منطقة بحر الغزال ثم يتجه شرقا إلى بحر الجبل عند قرية شامبى وتقدر كمية المياه المتصرفة فى النقطتين الشمالية والجنوبية بحوالى 12 مليار متر مكعب سنويا .

وهذه المشروعات مرتبطة بمشروعات أخرى تقوم بها مصر وهى : مشروعات التخزين فى البحيرات الاستوائية . بحيرة فيكتوريا . بحيرة كيوجا . بحيرة البرت . وسوف توفر هذه المشروعات حوالى 15 مليار متر مكعب سنويا تقسم بين مصر والسودان .

هذا إلى جانب قيام مصر بمشاركة كل من أثيوبيا وأوغندا فى تنفيذ بعض المشروعات وإقامة محطات توليد كهرباء . هذا إلى جانب وجود بعثة كاملة تتألف من مهندسين وعلميين وخبراء وفنيين وإداريين ومعدات تطهير وصيانة تتولى تطهير مجارى الأنهار والروافد التى تمد النيل بالمياه على مدى العام وذلك على نفقة الحكومة المصرية . كما تتولى هذه البعثة كتابة تقارير دورية عن أحوال الطقس والمناخ وسقوط الأمطار ونسب سقوطها على مدى العام وترفع البعثة هذه التقارير إلى حكومات دول حوض النيل .

كذلك قامت مصر بتمويل المشروعات التالية :

1. مشروع تقويم وتحليل المصادر المائية المتاحة وأهم استخداماتها
2. مشروع مراجعة وتحسين التنمية المحلية وتخطيط الإدارة المائية .
3. مشروع تقويم أثر التغير المناخى .. الجفاف " على المصادر المائية المتاحة ونوعية المياه فى الحوض وبحث وسائل تخفيف هذا الأثر .

4. مشروع تحديد الميزان المائي لبحيرة فيكتوريا .
5. مشروع عمل الأحواض والمستنقعات .
6. مشروع عمل أطلس لدول حوض النيل وذلك لتقديم البيانات الأساسية عن مصادر المياه في الحوض على أساس جغرافي .
7. مشروع إدارة المياه من خلال توحيد سبل تقويم مصادر المياه وإدارتها وخلق نظام موحد للمعلومات والبيانات في منطقة الحوض .
8. مشروع رفع كفاءات قدرات المؤسسات المخصصة للتخطيط المتكامل لمصادر المياه .
9. مشروع تحديد وتدعيم مراكز الخبراء في المنطقة وذلك بغرض إشراكهم في تنفيذ خطة العمل .
10. مشروع مراجعة وتدعيم وتنمية قدرات المؤسسات المختصة بحماية البيئة في منطقة الحوض .

وللوقاية من تلوث المياه ، قامت مصر بإتخاذ التدابير التالية:

1. معالجة مياه الصرف الصحي والصرف الصناعي طبقاً للضوابط والمعايير المقررة قبل الصرف على المسطحات المائية ، وذلك للمحافظة على نوعية المياه العذبة كمصدر لمياه الشرب وللمحد من نمو النباتات المائية التي تعوق قدرة المجرى المائي على المعالجة الذاتية وتؤثر على صلاحية مياه الري وعلى المحافظة على الثروة المائية من الأسماك .
2. منع وصول أى ملوثات إلى بحيرة ناصر سواء بفعل تعرية التربة أو الملوثات الأخرى التي تسبب الإسراع في شيخوخة البحيرة . وإذا كانت الزراعة على شواطئ

البحيرة تغيد فى تثبيت التربة وعدم تعريتها إلا أن الأنشطة التنموية الأخرى قد تحدث أثر بيئيا سينا على المدى القريب والبعيد .

3. إنشاء محطات للصرف الصحى مزودة بوسائل معالجة تلك المياه فى الأماكن المحرومة من تلك الخدمة : حيث أن تلوث المياه الجوفية يرجع فى معظمه إلى الصرف غير الأمن للمخلفات على سطح الأرض ، بما ينعكس بالسلب على نوعية المياه الجوفية ويزيد من تكلفة معالجتها وإعدادها لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى .

4. المحافظة على مياه الشواطى البحرية من التلوث بتفعيل وتطبيق قوانين حماية البيئة باعتبار ذلك مطلباً بيئيا فى المقام الأول . كما أنه من عوامل تنشيط السياحة والترفيه والاستمتاع للمواطنين .

5. الاهتمام بمعالجة مياه الصرف بما يمكن من إعادة استخدامها فى الري وفى المزارع السمكية لبحيرات الشمال وذلك بهدف زيادة الموارد المائية وحماية مصادر المياه من التلوث .

المشروعات التى نفذتها مصر عبر العصور للاستفادة من ثرواتها المائية فى التنمية البشرية

منذ أقدم العصور إرتبط المصريون بنهر النيل ، واعتبروه باعث الحياة فوق أرضهم ، وعلى ضفة النهر العظيم أكتشف المصريون الزراعة وتعلموا استنبات الزرع واستئناس الحيوان ، ونجحوا فى إقامة أقدم الحضارات التى عرفها العالم ، وارتبطت مصر وحضارتها بالزراعة وابتكر المصرى الآلات الزراعية وآلات الري ، وعنى المصريون بتصوير العمليات الزراعية من حرت وري وحصاد وتخزين على جدران معابدهم ووضعوا أساس التقويم الزراعى فكانت مصر أول دولة نظمت فيها الزراعة بمواعيد وتوقيينات حسابية .

• وأصبح النشاط الزراعى يشكل ركيزة الحضارة والاقتصاد عبر العصور التاريخية المتتالية . ففي عصر البطالمة اتسعت مساحة الأراضى الزراعية وتنوعت المحاصيل الزراعية وعنى ملوك البطالمة بشئون الري وتنظيم استخدام المياه وشق الترع والقنوات وإقامة الجسور وحفر الآبار فى الصحراء .

• وشهد العصر الإسلامى شق الترع الكبيرة وإقامة الجسور وبناء القناطر وإنشاء مقاييس للنيل واستصلاح الأراضى ، وفى العصر العثمانى شهدت مصر ثورة فى مجال الزراعة والرى حيث تم إقامة العديد من مشروعات الري الكبرى مثل الرياحات الثلاثة والترع والقناطر والخزانات مما أدى إلى توفير المياه اللازمة لتحويل جزء كبير من الأراضى الزراعية إلى نظام الري الدائم ، ومن ثم زيادة الرقعة الزراعية . ومن أهم المشروعات التى شهدها هذه الفترة إنشاء القناطر الخيرية عام 1861 ، وحفر الرياح البحري والتوفيقي والمنوفى ومئات الترع ، وإنشاء خزان أسوان عام 1902 (تمت تعليته مرتين) وإنشاء قناطر إسنا عام 1908 وقناطر نجع حمادى عام 1920 ، وترتب على تنفيذ هذه المشروعات زيادة مساحة الأراضى الزراعية من 2 مليون فدان عام 1813 إلى نحو 5 ملايين فدان فى بداية الخمسينات من القرن العشرين

• ومع قيام ثورة يوليو 1952 خطت مصر أولى خطواتها على طريق مشروعات الري العملاقة . فكان مشروع المد العالى هو أعظم المشروعات الهندسية الإنشائية التى تمت فى مصر خلال القرن الماضى (1964) وهو أكبر إنجاز حققته مصر فى تاريخها الحديث ، ويعد هذا المشروع نقطة تحول فى تاريخ الزراعة المصرية ، وبداية انطلاق الصناعة المصرية الحديثة ، ومنذ بدء التخزين فى بحيرة المد العالى (ناصر) عام 1964 نجح هذا المشروع العملاق فى ضبط مياه النيل والتحكم فيها

وتحقيق الأمان المائى لمصر مما يساهم فى التوسع فى مشروعات التنمية الزراعية من 5.2 ملايين فدان فى الخمسينيات لتصل إلى 5.8 ملايين فدان فى السبعينيات .

• وتواصلت مسيرة التنمية ليرتفع معدل النمو السنوى الزراعى فى المتوسط من 2.6 % فى الثمانينيات إلى 3.4% فى التسعينيات ثم إلى 3.6% عام 2007/2006 ، كما تزايدت مساحة الأراضى للزراعية بنحو 2.3 مليون فدان خلال هذه الفترة ، وانطلقت مصر نحو مشروعات التوسع الزراعى العملاقة التى تساهم فى إضافة 1.4 مليون فدان ، وفى زيادة المساحة المأهولة بالسكان من 5.5% من مساحة مصر إلى 25% ، وفى إعادة رسم الخريطة السكانية بعد خلق مجتمعات عمرانية جديدة فى الصحراء المصرية تشكل مناطق جذب سكاني لما توفره من فرص عمل جديدة .

• بالإضافة إلى ما سبق من تدعيم التنمية المستدامة على أرض مصر بدأت مصر كذلك فى تنفيذ سلسلة من المشروعات القومية العملاقة تهدف هذه المشروعات إلى رسم خريطة عمرانية وإنتاجية جديدة تحقق التنمية المتوازنة بين أقاليم مصر المختلفة وتضمن الاستغلال الأمثل لكافة مواردها المتاحة والتى لم تستغل بعد فى المناطق الصحراوية التى تتمتع بمقومات طبيعية واحدة ، وتتركز هذه المشروعات فى منطقتين هما إقليم جنوب مصر وإقليم القناة وسيناء وسوف تسهم هذه المشروعات العملاقة فى خلق مجتمعات عمرانية جديدة خارج الوادى فى أعماق الصحراء المصرية تكون متنفساً تنطلق فيه الزيادة السكانية مما يساهم فى تخفيف حدة الكثافة السكانية بالوادى لتزيد المساحة المأهولة من 5.3 % إلى 25% من إجمالى مساحة البلاد كما تساهم فى إقامة مشروعات إنتاجية زراعية وصناعية وسياحية وتعليمية وتفتح أبواب الاستثمار أمام الجميع

الإدارة المتكاملة للموارد المائية:

تعرف الإدارة المتكاملة للموارد المائية بأنه الأسلوب الذى يقوى ويدعم الإدارة والتنمية المستدامة للموارد المائية مع الأخذ فى الاعتبار الموارد الأخرى من أجل تحقيق أقصى إستفادة اقتصادية وإجتماعية وتحقيق العدالة فى التوزيع مع عدم الإخلال بالبيئة وتتيح مشاركة المهتمين بالمياه فى عملية إتخاذ القرار. وترتكز الإدارة المتكاملة للموارد المائية على عدة مبادئ تحرص مصر على أخذها فى الإعتبار بما يتناسب مع الجوانب الدينية والثقافية والاجتماعية والبيئية وهذه المبادئ هى :

- أن المياه العذبة مورد محدود قابل للنفاذ وهى أساسية للمحافظة على الحياة والتنمية والبيئة ويجب التعامل معها بطريقة متكاملة تأخذ فى الإعتبار الكم والنوع للمياه السطحية والجوفية معا .
 - التأكيد على مبدأ المشاركة بين جميع المستخدمين والمخططين ووضع السياسات ومتخذى القرار على جميع المستويات .
 - المياه لها قيمة اقتصادية فى جميع الاستخدامات .
- وباتباع منهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية تكون الخطة القومية للموارد المائية موجهة لتحقيق وخدمة الأهداف الاقتصادية والاجتماعية لمصر بالإضافة إلى إبراز العديد من المشاكل والتحديات التى تواجه مصر حتى عام 2017 مثل الصحة ونسبة البطالة وكذا رفع المستوى المعيشى للمواطنين.
- وفى هذا الإطار اشتركت مجموعة ممثلة لكافة الجهات المعنية بالمياه فى وضع هذه الخطة وذلك على المستوى المركزى الحكومى من خلال اللجنة الوزارية العليا واللجنة الوزارية الفنية للمشروع وأيضا على المستوى اللامركزى بإشراك بعض المحافظات ومجالس المياه وروابط مستخدمى المياه.

التحديات التي تواجه مصر في إدارة الموارد المائية:

تعتبر الزيادة السكانية وما يصاحبها من نمو في الأنشطة الصناعية والتجارية بالإضافة إلى التوسع في الرقعة الزراعية هي أهم التحديات التي تواجه البلاد حيث أدت هذه الزيادة إلى زيادة الطلب على المياه إلى حد تستهلك معه الموارد المائية المتاحة .

وقد زاد عدد السكان في مصر من حوالي 38 مليون نسمة في عام 1977 إلى حوالي 66 مليون نسمة في عام 2002 ومن المتوقع أن يبلغ عدد السكان حوالي 83 مليون نسمة في عام 2017 وتتمركز الغالبية العظمى من السكان (97%) حاليا في وادي النيل والدلتا (حوالي 4% من إجمالي مساحة مصر) .

وقد قامت مصر بوضع خطة طموحة للتوسع الأفقي في الزراعة وعمل مناطق صناعية ومدن سكنية جديدة لإعادة توزيع السكان خارج الوادي والدلتا مما يزيد من الطلب على المياه في حين أن حصة مصر من المياه من نهر النيل محددة . وقد استطاعت مصر حتى الآن من خلال نظام الإدارة المائي الحالي أن توفر المياه لجميع الاستخدامات حيث يلعب السد العالي وبحيرة ناصر من خلفه دورا عظيما في تأمين إمداد المياه للاستخدامات المختلفة على مر السنين بصورة منتظمة .

وقد أدركت الحكومة المصرية هذه الأخطار منذ مدة طويلة حيث قامت بالفعل بتنفيذ العديد من المشروعات الكبرى لتأمين توصيل مياه شرب نظيفة صحية للمواطنين وكذلك إمداد المواطنين بصرف صحي آمن مع معالجة الصرف الصحي المنزلي والصناعي .

ومع ذلك مازالت هذه البرامج وخاصة الصرف الصحي غير كافية مما تسبب في حدوث تدهور في نوعية المياه في بعض المناطق إلى الحد الذي يهدد صحة المواطنين ، وبالتالي أصبح على الحكومة مواجهة جميع هذه التحديات وذلك من خلال

قيام وزارة الموارد المائية والرى بالتطوير المستمر للأنشطة المختلفة لتحسين أداء النظام المائى فى مصر وذلك للتأكد من تحقيق الأهداف الإقتصادية والإجتماعية للبلاد مع الحماية اللازمة للبيئة والصحة العامة .

وتعمل الخطة المقترحة على تحقيق الأهداف القومية عن طريق تنمية مصادر مائية جديدة وتحسين كفاءة استخدام المياه مع الحفاظ على الصحة العامة والبيئة من خلال محاولة منع وصول الملوثات إلى المجارى المائية عن طريق معالجة المياه الملوثة قبل وصولها للمجارى المائية وتتم بعض هذه الأنشطة من خلال التعاون والتنسيق مع الوزارات الأخرى مثل وزارة الاسكان والمرافق ووزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ووزارة البيئة.

الاستراتيجية المائية (مواجهة التحديات):

تركز السياسة المائية المقترحة من الدولة على استراتيجية يطلق عليها " مواجهة التحديات " وهذه الاستراتيجية تحتوى على إجراءات عديدة تم تقسيمها الى ثلاث محاور رئيسة كالتالى :-

- تنمية الموارد المائية.
- تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية المتاحة حالياً.
- حماية الصحة العامة والبيئة.

المحور الأول: تنمية الموارد المائية:

إن تنمية الموارد المائية عملية صعبة ومحدودة نسبياً وتشمل تنمية المياه الجوفية العميقة فى الصحراء الغربية والوصول بها إلى 35 مليار متر مكعب سنوياً مع الأخذ فى الاعتبار أن هذه المياه غير متجددة كما أن تنميتها واستخدامها يحتاج إلى رقابة وتحكم ومتابعة مستمرة . هذا بالإضافة إلى بعض المصادر المحدودة الأخرى التى يمكن العمل على تنميتها مثل حصاد مياه الأمطار والميول واستخدام المياه

الجوفية (ذات الملوحة القليلة) . ويعتبر التعاون مع دول حوض النيل أحد الإجراءات الهامة التي تؤدي إلى تنمية الموارد المائية في مصر .

المحور الثاني: تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية الحالية:

وهذا المحور يشتمل على مجموعة من الإجراءات التي تساعد على تحسين كفاءة النظام المائي في مصر بالإضافة إلى تقييم كامل لخطط التوسع الزراعي مع إعادة جدولة تنفيذ هذه الخطط على ضوء توفير المياه المطلوبة. هذا ويمكن تحسين كفاءة الاستخدام في قطاع الزراعة من خلال العديد من الإجراءات مثل استكمال مشروع تطوير الري وكذلك مراجعة السياسة الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي عن طريق تنفيذ إعادة الاستخدام الوسيط لمياه الصرف الزراعي وزراعة بعض المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية .

أما عملية توزيع وتخصيص مياه الزراعة فإنه مقترح أن تتم بحيث تحقق مبدأ المساواة والذي من شأنه تقليل الفوائد من نظام الري في مصر . وتنفيذ هذا الإجراء يتطلب تحسين وتطوير عملية التشغيل والصيانة والتي بدورها تتطلب وجود نظام مؤسسي وقانوني مدعم بمجالس للمياه وروابط قوية لمستخدمي المياه .

ويمكن تحسين كفاءة استخدام المياه في قطاعي مياه الشرب والصناعة عن طريق تحسين وتطوير البنية الأساسية بالإضافة إلى بعض الإجراءات المالية التي من شأنها ترشيد استهلاك المياه مع إعطاء أولوية للأبحاث والدراسات والتي قد تساعد على إيجاد بعض الحلول الأخرى لتحسين كفاءة الاستخدام .

المحور الثالث: حماية الصحة العامة والبيئة:

يشتمل على العديد من الإجراءات التي يمكن تجميعها على شكل مجموعات (حزم) تحتوي على إجراءات خاصة بالبنية الأساسية وإجراءات مالية ومؤسسية

وهذا المحور يحتوى على ثلاثة مستويات للتعامل مع الملوثات التي تصل إلى شبكة الري والصرف هي :

المستوى الأولي : ويشمل منع الملوثات الصناعية من الوصول للشبكة من خلال تشجيع المنتجات صديقة البيئة ونقل الصناعات الملوثة بعيدا عن أماكن التجمعات السكنية وتشجيع استخدام الاسمدة الصديقة للبيئة في قطاع الزراعة.

المستوى الثاني : في حال عدم القدرة على منع هذه الملوثات فإنه يقترح معالجة المياه الملوثة قبل دخولها إلى النظام من جديد وتشمل معالجة مياه الصرف الصحي مع استعاضة التكاليف التي سوف تساعد على تحسين عمليتي التشغيل والصيانة .

المستوى الثالث : في حالة عدم القدرة على معالجة الملوثات فإن ذلك يستلزم اتخاذ بعض الاجراءات للتحكم في هذه الملوثات بغرض تقليل أثارها الضارة مع التركيز على بعض الأماكن لتقليل فرصة تلوث آبار المياه الجوفية ومأخذ مياه الشرب .

ويجب أن تكون عملية تخطيط الموارد المائية على المستوى القومي عملية مستمرة مع التحديث الدائم للبيانات والمعلومات وتبادل تلك البيانات والمعلومات بين الجهات المختلفة إلى جانب تنسيق الاستثمارات بينها . وكذلك يجب دعم دور كافة مستخدمي المياه وخاصة المزارعين وعموم المواطنين في إدارة الموارد المائية و تنمية شعورهم بالملكية العامة ومدى أهميتها بالنسبة لهم مع إعطاء دور أكبر للمرأة في إدارة المياه .

النتائج المتوقعة من الخطة القومية للموارد المائية :

إن تنفيذ الاستراتيجية المقترحة " مواجهة التحديات" سيؤدي إلى :-

- رفع كفاءة النظام المائي في مصر ويؤدي إلى زيادة المياه المتاحة للاستخدامات المختلفة مع تحسين نوعيتها .

- زيادة مساحة الرقعة الزراعية بنسبة 35% كنتيجة للتوسع الأفقى (مثل مشروع استصلاح شمال سيناء وقوشكى) مع زيادة التوسع العمرانى فى الصحراء ليغطى أكثر من 20% من عدد السكان .
- تدعيم النمو الاقتصادى والاجتماعى .
- إمداد عموم المواطنين بمياه شرب صحية .
- زيادة تغطية السكان بصرف صحى آمن بمضاعفة النسبة الحالية لتصل من 30% حاليا إلى 60% فى 2017 .

سبل زيادة كفاءة إستخدام الموارد المالية فى القطاع الزراعى

- يمكن زيادة الموارد المائية اللازمة من خلال حصة مصر الدولية وهى 55.5 مليار متر مكعب / مئة من خلال بعض الآليات كما يلى :
- أولاً : آليات رفع كفاءة الاستخدام وتقليل الفاقد (بإجمالى 8.35 مليار م³/سنة) وذلك من خلال الوسائل الآتية :
- 1- تحديد مساحة الأرز بما لا يزيد عن 900 ألف فدان سنوياً، وبذلك يمكن توفير حوالى مليار مكعب سنوياً.
 - 2- تغيير مناوبات رى الأرز من 4 أيام عمالة و4 بطالة لتصبح 4 أيام عمالة و 6 أيام بطالة عقب انتهاء موسم المثل فى يونيو حيث سيترتب على ذلك توفير حوالى 1.5 مليار متر مكعب سنوياً بشرط تجميع مساحات الأرز بقدر الإمكان كما يحدث فى زراعات القطن.
 - 3- التوسع فى زراعة أصناف الأرز المبكرة والتي تحتاج 135 يوماً بدلاً من 160 يوماً وبذلك يمكن توفير حوالى 15% من مياه رى الأرز أى حوالى 1.1 مليار متر مكعب سنوياً.

4- توحيد ميعاد الزراعة خلال النصف الأول من شهر مايو ويوفر هذا مليار متر مكعب أخرى، وتؤدي هذه الآليات الى توفير حوالى 4.6 مليار متر مكعب/ سنة من مياه الأرز.

5- تغيير مناوبات رى المحاصيل الشتوية الى 6 أيام عمالة و12 بطاقة بدلا من 5 أيام عمالة و10 أيام بطاقة حيث يؤدي هذا الى توفير حوالى مليار متر مكعب سنويا .

6- منع زراعة محصول قصب السكر (الخاص بالعصير) خارج حزام الإنتاج الخاص بمصانع السكر ، حيث يؤدي ذلك الى توفير حوالى 0.25 مليار متر مكعب سنويا.

7- إرشاد المزارعين الى زراعة البرسيم عفيرا بدلا من الزراعة على اللمة حيث يؤدي ذلك الى توفير حوالى 0.75 مليار متر مكعب من المياه سنويا.

8- إرشاد المزارعين بالزراعة على مصاطب من الريشتين خاصة بالنسبة لمحصول القطن والذرة الشامية حيث يؤدي ذلك الى توفير حوالى مليار متر مكعب سنويا.

9- الاهتمام بعمليات التسموية فى الأراضى التى تروى بطريقة الري السطحي ، وقد يوفر ذلك حوالى 0.5 مليار متر مكعب .

10- تطوير الري فى أراضى الوادي والدلتا ويؤدي الى توفير حوالى مليار متر مكعب سنويا .

ويكون مجموع ما يمكن توفيره من هذه الآليات حوالى 8.35 مليار متر مكعب سنويا.

ثانياً : آليات لزيادة الموارد المائية غير التقليدية (بإجمالى حوالى 17 مليار م³ /سنة)

وذلك من خلال الوسائل الآتية :

أ- مياه الصرف الزراعى .. تُبلغ مياه الصرف الزراعى حوالى 14 مليار متر مكعب سنويا ويمكن إعادة استخدام حوالى 8 مليار متر مكعب سنويا.

ب- مياه الصرف الصحي .. تصل كميات مياه الصرف الصحي 3 مليار متر مكعب سنوياً، تصل عام 2000 وما بعدها حوالي 5 مليار متر مكعب يمكن إعادة استخدامها بعد معالجتها كمورد اضافى هام من ناحية ولحماية البيئة من ناحية أخرى.

ج- الماء الجوفى .. ويمكن استخدام حوالى 4 مليار متر مكعب سنوياً.
د- تحلية المياه المالحة .. هناك كثير من طرق وتكنولوجيات تحلية المياه المالحة تختلف فى اقتصادياتها حسب درجة الملوحة أو درجة تطبيقها على المستوى القومى أو الأقليمى . ويمكن أن توفر الآليات الأولى (1-3) حوالى 17 مليار متر مكعب سنوياً.

المياه الجوفية فى منطقتنا العربية

تقع معظم الدول العربية فى نطاق المناطق الجافة ونصف الجافة وبالتالي فإن نصيبها من مياه الأمطار قليل وبالتالي أصبح التركيز على المياه الجوفية فى المنطقة العربية لإستخدامها فى الزراعة والتنمية أمر حتمى، وذلك حتى فى البلاد التى تجرى بها الأنهار كمصر حيث أصبح نهر النيل غير كافى لسد إحتياجاتها من الموارد المائية وبالتالي إتجهت إلى النظر إلى المياه الجوفية كمصدر بديل لإستخدامه فى الرى.

وأستخدام المياه الجوفية فى الرى يجب أن يكون بشئ من الحذر حيث كثير ما تكون جودة هذه المياه لإستخدامها فى الرى قليلة، وكذلك غالباً ما تعتبر هذه المصادر من المياه من المصادر غير المتجدده.

وفى الواقع فإن المياه الجوفية تعتبر من المصادر الرئيسية للمياه فى الأردن وسوريا ومصر واليمن ودول مجلس التعاون الخليجى وقطاع غزة، وتستخدم حالياً للفوفاء بإحتياجات السكان والزراعة ولقد بدأت السعودية والأردن والبحرين فى

استخدام مصادر المياه الغير متجدده وكذلك دول قطر والإمارات واليمن بدأت تستخدم مصادر المياه الأحفورية التي يزيد عمرها عن 20.000 عام في الزراعة لمد الفجوة الغذائية. ويلاحظ أن إستخدام المياه الجوفية في كثير من البلدان العربية قد تعدى حد الأمان.

نوعية المياه الجوفية

تؤثر درجة جودة المياه بدرجة كبيرة على كيفية إستخدامها في الأغراض المختلفة من الصناعة والشرب والزراعة. والعوامل الرئيسية التي تؤثر على نوعية وجودة المياه الجوفية تنحصر في:

1. نوعية وتركيب الطبقات الحاملة للمياه (جيولوجيا)
2. الأمطار والجريان السطحي والحركة خلال القطاع الأرضي والطبقات الحاملة للماء (هيدرولوجيا).

فالمياه الجوفية في المناطق الرطبة كما في أوروبا تتميز بجودة مياهها الجوفية نتيجة الأمطار المستمرة التي ينتج عنها تغذية مستمرة للمياه الجوفية، بينما تتميز المياه الجوفية في المناطق الجافة بإنخفاض جودتها نتيجة ندرة الأمطار. فمثلاً في بلادنا العربية نجد أن الطبقات الحاملة للمياه ذات النوعية الجيدة تتمركز في المناطق التي تسقط الأمطار فيها على نسبيا. أيضاً الطبقات العميقة الحاملة للمياه الجوفية ذات النوعية الجيدة قد تعزى إلى التغذية الحالية والقديمة نتيجة تسرب المياه من الأنهار والوديان.

تقييم جودة المياه للرئ

غالبا ماتفكر في جودة الماء على أساس الطعم والنقاء والرائحة ونغفل أنه توجد صفات أخرى قد تكون هامة عند إستخدام الماء في الرئ، فالماء على سبيل

المثال يجب أن لاحتوى على تركيزات عالية من البورون وهو ما يسبب السمية النوعية للماء فوجود البورون فى الماء بتركيزات عالية قد لا يؤثر على خواص الماء كالطعم والرائحة والنقاء ولكنه يسبب سمية للنباتات بالبورون وهذا شائع فى المياه الجوفية.

وتتحدد الطبيعة الكيميائية للماء بوجه عام من خلال الدورة الهيدروولوجية لفنوع المواد الكيميائية التى توجد فى الماء الجوفى مثلاً تتوقف جزئياً على كيمياء مياه الأمطار ومياه التغذية. فالأمطار التى تسقط بمحاذاة البحار تحتوى على مستويات عالية من الصوديوم والكلوريد بينما فى المناطق الصناعية نجد أن انتشار مركبات النيتروجين والكبريت تجعل الأمطار فى هذه المناطق أمطار حمضية.

وفى الواقع أن أهم التغيرات الطبيعية التى تؤثر على كيمياء الماء تحدث فى التربة، وهذا واضح فى المياه الجوفية، فالترربة تحتوى على تركيزات عالية من ثاني أكسيد الكربون التى تذوب فى الماء الجوفى مكونة حامض ضعيف قادر على إذابة العديد من المعادن السيليكاتية. ففى رحلة الماء التى يتحرك فيها لأسفل ثم يعاود الظهور ثانية كماء سطحى يتم ذوبان بعض المواد وترسيب مواد أخرى . ولذلك فجودة الماء الجوفى يتوقف على ظروف ونوع الصخور والأثرية التى يمر خلالها الماء.

أما بالنسبة لتقييم جودة المياه للرى فهناك العديد من الطرق منها طريقة معمل الملوحة الأمريكى ويوضح الجدول 2 درجات المياه حسب طريقة معمل الملوحة الأمريكى وطريقة منظمة الأغذية والزراعة FAO وغيرها. وفى الواقع فإن طريقة FAO تعتبر الأكثر كفاءة وإستخداماً حتى الآن حيث تعتبر أشمل الطرق حيث أخذت فى إعتبارها معايير أوسع كما عدلت بعض المقاييس كإستخدام SAR المعدل والعروف بـ $adjR_{Na}$ بدل من SAR و SAR يحسب من المعادلة:

$$SAR = Na / \sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}$$

أما فى ال $adjR_{Na}$ يتم إدخال الكالسيوم والبيكربونات (Ca/HCO_3) و التوصيل الكهربي ($EC \text{ dS/m}$) فى حسابات مشاكل الرشع ويتم ذلك بالإستعانة بجداول خاصة وضعتها منظمة الأغذية والزراعة فى إصداراتها فى رقم 29 لسنة 1985.

جدول(2) أقسام مياه الري فى طريقة معمل الملوحة الأمريكى

Salinity Degree	EC $\mu\text{mhos cm}^{-1}$	Classes	Sodium Degree	SAR	Class
Low	< 250	C ₁	Low	0 – 10	S ₁
Medium	250 – 750	C ₂	Medium	10 – 18	S ₂
High	750 – 2250	C ₃	High	18 – 26	S ₃
Very high	>2250	C ₄	Very high	26 - 30	S ₄

تقييم جودة المياه للري بطريقة منظمة الأغذية والزراعة (FAO):

منظمة الأغذية والزراعة فى إصداراتها فى رقم 29 لسنة 1985 (Ayers & Westcott) حددت عدد من المعايير لتقييم جودة المياه للري.

المعايير المحددة لصلاحية المياه للري

كما هو موضح بالجدول 3 المعايير المحددة لصلاحية المياه للري تتمثل فى:

1- الملوحة Salinity

كما هو موضح في الدليل الإرشادي للـ FAO (جدول 3) إذا كانت منوحة مياه الري أقل من 0.3 dS/m أى أقل من 450 جزء في المليون فإن مياه الري في هذه الحالة تكون صالحة للإستخدام في الري دون أى محاذير، أما إذا كانت ملوحة المياه أكثر من 3 dS/m أى أكثر من 2000 جزء في المليون فإنه توجد محاذير شديدة لإستخدامه في الري، أما المدى في ملوحة مياه الري بين 450 جزء في المليون و2000 جزء في المليون تجعل المياه خفيفه إلى متوسطة في محاذير إستخدامها للري. وفي الواقع فإن تركيز الملوحة الأكثر من 2000 جزء في المليون يستخدم بنجاح لري الكثير من المحاصيل وأشجار الفاكهة المتحملة للملوحة، كما هو حادث في واحة سيوه حيث أن معظم الآبار المستخدمه في الري درجة ملوحتها أكثر من 2000 جزء في المليون وتستخدم في الواقع بنجاح في الري والزراعة، كرى النخيل والزيتون وبعض محاصيل الخضر كالملوخية والنعناع والكوسة وغيرها، إلا أن إستخدام هذه المياه (أكثر من 2000 جزء في المليون) لاتصلح لري المحاصيل وأشجار الفاكهة الحساسة للملوحة كالخيار والموز وغيرها. وهنا نجد أن منظمة الأغذية والزراعة FAO توصى عامتاً بعدم إستخدام مثل تلك المياه في الري بإعتبارها عالية الملوحة دون النظر إلى درجة تحمل المحاصيل لها، ولذلك فإننا نرى بإعاة النظر في هذا التقسيم لجودة مياه الري.

2- معدل تخلل المياه للأرض (معدل الرشغ) Water Infiltration Rate

يعبر عن معدل الرشغ بنسبة الصوديوم المدمص (SAR) والذي يحسب من المعادلة السابقة، ولقد ربطت الـ FAO بين نسبة الصوديوم المدمص (SAR) والتوصيل الكهربى (EC) في التعبير عن معدل الرشغ، حيث كلما زادت ملوحة مياه الري والمعبّر عنها بالـ EC كلما قل خطر الصوديوم كما هو موضح بجدول 3.

تحدث مشكلة تظلل المياه للأرض و المرتبطة بنوعية مياه الري عندما ينخفض معدل الرش للمياه المستخدمة في الري و تبقى المياه على سطح الأرض لمدة طويلة دون تظلل للقطاع الأرضي أو تشربه ببطء مما يعطل امداد النباتات بالمياه اللازمة لانتاج المحصول المتوقع. و بالرغم من ان معدل الرش يتغير ويتأثر بدرجة كبيرة بنوعية مياه الري إلا ان كثيراً من خواص الأرض مثل بناء الأرض ودرجة تضاعفها ومحتواها من المادة العضوية والتسميد الكيماوي يمكن أن تؤثر بدرجة كبيرة على معدل نفاذية المياه في القطاع الأرضي.

وتعتبر ملوحة مياه الري ونسبة محتواها من الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنسيوم أهم عاملين لنوعية مياه الري يؤثران بشدة على معدل الرش. فالمياه المرتفعة في الملوحة تزيد معدل الرش بينما يسبب ارتفاع نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنسيوم (نسبة الصوديوم الممحص SAR) نقصاً في معدل الرش.

جدول (3) دليل إرشادي لتقييم مياه الري بطريقة منظمة الأغذية والزراعة FAO لسنة 1985

Potential irrigation problem	Units	Degree of restriction on use		
		None	Slight to moderate	Severe
Salinity (affects crop water availability) EC_w . (Electrical conductivity)	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
(or)				
TDS (total dissolved solid)	Mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration (affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together).				
SAR = 0.3 and EC_w =		> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
= 3-6 =		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
= 6-12 =		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
= 12-20 =		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
= 20-40 =		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Specific Ion Toxicity (affects sensitive crops).				
Sodium (Na).	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Surface irrigation	Me/l	< 3	> 3	
Sprinkler irrigation				
Chloride (Cl)	Me/l	< 4	4 – 10	> 10
Surface irrigation	Me/l	< 3	> 3	
Sprinkler irrigation	Mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Boron (B)				
Miscellaneous effects (affects susceptible crops).				
Nitrogen ($NO_3 - N$)	Mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO_3)	Me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
(overhead sprinkling only)				
PH		Normal Range 6.5 – 8.4		

جدول (4) دليل إرشادي لأنواع مياه الري المالحة بطريقة منظمة الأغذية والزراعة

FAO لسنة 1992

Water class	Electrical conductivity dS m^{-1}	Salt concentration mg L^{-1}	Type of water
Non-saline	< 0.7	< 500	Drinking and irrigation waters
Slightly saline	0.7-2	500-1,500	Irrigation water
Moderately saline	2-10	1,500-7,000	Primary drainage water and ground water
Highly saline	10-25	7,000-15,000	Secondary drainage water and ground water
Very highly saline	25-45	15,000-35,000	Very saline ground water
Brine	> 45	> 35,000	Sea water

3- السمية Toxicity

اهم الايونات المحدثه للسميه فى مياه الرى هى ايونات الصوديوم والكلوريد والبيرون، ومدى التركيزات المسموح بها موضح فى جدول 3. وبالرغم من أن أعراض السمية قد تحدث عند تركيزات منخفضة من هذه الايونات إلا أنها غالبا ما تحدث مصاحبه ومتداخلة مع مشاكل الملوحه أو انخفاض معدل الرشح. ويحدث الضرر عندما تمتص الايونات المحدثه للسميه بكميات مؤثره مع امتصاص المياه عن طريق الجذور وتنتقل هذه الايونات الى الأوراق حيث تتراكم مع النتج ، ويزداد تراكم الايونات فى المناطق التى يزيد فيها فقد المياه ، عادة فى قمم وحواف الأوراق وتتم هذه العمليه خلال وقت طويل حيث تظهر اعراض الضرر ببطء ويصعب ملاحظته فى مراحل الاولى.

تتوقف شدة الضرر على مدى امتصاص هذه العناصر وحساسيه النبات لها. وتعتبر الأشجار المعمره (الأشجار الخشبيه وأشجار الفاكهه) أكثر النباتات حساسيه للتأثير المسمى النوعى لهذه الايونات وعاده ما يحدث الضرر عند تركيزات منخفضة لهذه الايونات فى النباتات الحساسه.

4- مشكل اخرى متنوعه Miscellaneous

يحدث العديد من المشاكل الاخرى نتيجة لنوعيه مياه الرى والتي يتكرر ملاحظتها وهى تشمل المشاكل الآتيه :

(1) اذا ما احتوت مياه الرى على تركيزات مرتفعه من النتروجين فتتسبب زياده فى النمو الخضرى للمحصول وتأخير نضج المحصول.

جدول (5) دليل إرشادي للتركيزات القصوى لبعض العناصر الصغرى الموصى بها
 في مياه الري بطريقة منظمة الأغذية والزراعة FAO لسنة 1985

Element	Recommended Maximum Concentration (mg L ⁻¹)	Remarks
Cd (Cadmium)	0.01	Toxic to beans, beets and turnips at concentration as low as 0.1 mg L ⁻¹ in nutrient solutions. Conservative limits recommended due to its potential for accumulation in plants and soils to concentration that may be harmful to humans.
Cu (Copper)	0.20	Toxic to a number of plants at 0.1 to 1.0 mg L ⁻¹ in nutrient solutions.
Mn (Manganese)	0.20	Toxic to a number of crops at a few-tenths to a few mg L ⁻¹ , but usually only in acidic soils.
Fe (Iron)	5.0	Not toxic to plants in aerated soils, but can contribute to soil acidification and loss of availability of essential phosphorus and molybdenum.
Zn (Zinc)	2.0	Overhead sprinkling may result in unsightly deposits on plants, equipment and buildings. Toxic to many plants at widely varying concentrations; reduced toxicity at pH 7.6.0 and in fine textured or organic soils.

(2) تكون بقع على الثمار أو الأوراق عند الري بالرش بمياه تحتوي تركيزات مرتفعة من البيكربونات أو تحتوي على الجبس أو تركيزات مرتفعة من الحديد أو أي مكونات غريبه عادة ما تتواجد مع تميز المياه برقم حموضة (pH) غير عادي (جدول 5).

(3) حدوث تآكل أو ترسيب في معدات وخطوط الري نتيجة لحركه المياه بها وهي مشكله حاده اذا كانت المياه جوفيه لكلا من البئر وطمبات الرفع.

(4) قد تكون مياه الري مصدرا لبعض الأمراض مثل المناطق التي يكثر فيها الملاريا والأمراض الصدرية وغيرها. وقد تنشأ هذه المشكله مع اعاده استخدام مياه الصرف الصحي أو مياه الصرف الزراعي الراكده في الري.

(5) تسبب المواد العالقه والرواسب بالمياه سواء كانت مواد عضويه أو معدنيه مشاكل في نظم الري الحديث (الرش والتتقيط) حيث تؤدي الى سد الفتحات الرئيسيه والفرعيه وكذا الرشاشات والنقاطات وقد تتسبب في تلف طلمبات الرفع اذا لم يوضع فلتر أو مرشح لحجزها. كذلك قد تتسبب الرواسب والمواد العالقه في تقليل نفاذية الارض وتملأ قنوات الري وتزيد من اعباء تطهير القنوات وصيانة الخطوط.

العلاقة بين ملوحة مياه الري والمحاصيل:

1. تأثير الإنتاجية ونوعيتها:

الملوحة لها تأثير واضح على كمية الإنتاج ونوعيته إذ أنها تقلل من الإنتاجية وأيضاً ظهور الصفات الرديئة على الثمار . مثال ذلك في البطاطس فنجد أن الدرنات تكون صغيرة ذات محتوى قليل من النشا وعسيرة أى لا تتحمل التخزين أو النقل بالإضافة لذلك نجد أن محصول الكرنب يحدث له انخفاض واضح مع زيادة الملوحة والثمار تكون صغيرة الحجم مع صلابة الأوراق ، أما محصول الجزر فنجد أن الحالة الوحيدة في تأثير الملوحة هي زيادة السكر وصغر حجم الدرنات.

2. أثر سمية بعض الأيونات الموجودة بالماء على المحاصيل:

نجد أن جودة المياه، الأيونات الموجودة بها لها تأثير فعال على نمو وحيوية المحاصيل ، وخصوصاً في الأراضي التي تروى بنظام الرش . فنجد أن الأملاح الموجودة في مياه الري تؤثر تأثيراً واضحاً على النباتات القائمة من حيث تأثيرها على العمليات الحيوية الداخلية وظهور أعراض السمية على النباتات مثل الإصفرار وحرق الأوراق.

أما العمليات الحيوية التي تؤثر عليها الأملاح هي اضطراب في إمتصاص العناصر الغذائية فمثلاً الأشجار ذات النواه الحجرية والأفوكادو والبكان تتأثر تأثيراً واضحاً بزيادة أيون الكلوريد وتظهر أعراض السمية عليها . أما أيون الكبريتات فإن زيادته تؤدي إلى إختلال في إمتصاص عناصر كثيرة وتقلل من إمتصاص الكالسيوم وتزيد من إمتصاص الصوديوم والبوتاسيوم

3. الحد الأدنى لتأثير الملوحة على مراحل النمو:

معظم النباتات حساسة للملوحة في بعض مراحل نموها مثل الإنبات وخروج البراعم ، والعقد وخلاف ذلك . فمراحل النمو الأخرى تكون مقاومة للملوحة وحتى

فى النباتات ذات المقاومة العالية للملوحة نجد أن مرحلة الإنبات حساسة جدا للملوحة مثال ذلك بنجر السكر . لذلك قُتحت ظروف الحقل يمكن عمل تحويل فى عمليات الإنبات بحيث تمنع تراكم الأملاح حول البذور والبلاغات الصغيرة ذات الحساسية العالية ، وذلك بزراعة البذور فى الجزء السفلى من الخط أو فى بطن الخط حيث جريان المياه.

ويمكن إنبات البذور فى مشاتل خاصة مع تجهيز مهد خاص للبذور من مواد عضوية كاملة التحلل مخلوطة بمركبات معدنية (الفيرميكيوليت) ، وإستخدام مياه أقل ملوحة من الماء المستعمل فى الحقل ولا تزيد ملوحته عن 1000 جزء فى مليون وبعد 3-4 أسابيع وعندما تبلغ الشتلة طول 10-15 سم يمكن نقلها إلى المكان المستديم وإستخدام مياه أكثر ملوحة فى ريها (فرق 2500 جزء فى مليون) ويمكن إنجاح محاصيل خضر كثيرة مثل الطماطم - كرنب - خس - خيار - فلفل - بالانجان - بنجر المائدة - قنبيط . . . إلخ بهذه الطريقة السابقة.

4. درجة مقاومة المحاصيل للملوحة:

وهذه المحاصيل التى يمكن زراعتها على مياه ذات ملوحة لا تزيد عن 4000 جزء / مليون مثل:

- 1 - البرسيم الحجازى يمكن زراعته تحت ماء رى 4000 جزء / مليون.
- 2 - حرة دراوة نقل إنتاجها بمقدار 40 % وذلك بإستخدام مياه رى ملوحتها من 2000-3500 جزء / مليون.
- 3 - النرة نقل إنتاجها بمقدار 50 % بإستخدام مياه 3500 جزء / مليون.
- 4 - حشيشة الراى يمكن زراعتها على مياه تركيزها 3000 جزء / مليون عندما تسقط أمطار فى حدود 300 مم فى السنة دون نقص فى المحصول.

- 5 - البرسيم حساس جداً للملوحة فيمكن استخدام مياه ري ملوحتها 3000 جزء / مليون عندما يسقط مطر مقداره 450 مم / سنة ، ويمكن زراعته على مياه 2500 جزء / مليون عندما يسقط مطر بمقدار 300 مم / سنة.
- 6 - الشعير يمكن ريه بمياه لا تزيد ملوحتها عن 4000 جزء / مليون.
- 7 - الطماطم الصيفية يقل محصولها بمقدار 50 - 75% عند الري بمياه ملوحتها من 2000 - 3400 جزء / مليون كما تقل الصفات التسويقية لها . وقد وجد أن زيادة ملوحة ماء الري تؤدي إلى تساقط كمية كبيرة من الأزهار والعقد الصغير.

الباب الثاني

الموارد الأرضية وإستصلاح الأراضي في مصر

تمهيد

إستصلاح الأراضي في مصر

مشاريع التوسع الأفقي في مصر

مفاهيم إستصلاح الأراضي الصحراوية

الأراضي الصحراوية القابلة للإستصلاح في مصر

الموارد الأرضية وإستصلاح الأراضي في مصر

تمهيد

لقد أصبح أمراً شائعاً أن يقرن التوسع البطئ في الأراضي الزراعية في مصر مع الزيادة المريعة في عدد السكان ، ورغم أن الزيادة في الرقعة الزراعية غير محسوسة بالمرّة بل يحدث تآكل لها نتيجة للزحف العمراني وبعض عمليات التصحر وتمليح التربة لسوء الصرف ... إلخ ، إلا أن الزيادة المضطربة في عدد السكان بلغت حدها الأقصى ليس على المستوى المحلي فقط بل العالمي أيضاً ، مما جعل العلاقة بين الرقعة الزراعية وزيادة السكان غير مقبولة وغير متكافئة. حيث تجاوز عدد السكان في مصر في أول يناير 2004 ستة أضعاف عدد السكان في بداية القرن العشرين . ونجد أن مصر تستود بذلك 5.9 مليون طن من القمح بقيمة 8.8 مليار جنيه ، 4.5 مليون طن من الذرة بقيمة 5.3 مليارات جنيه ، 0.4 مليون طن من البقوليات بقيمة 0.95 مليار جنيه ، 0.6 مليون طن من الزيوت بقيمة 2 مليار ، 1.2 مليون طن من البذور الزيتية بقيمة 2.5 مليار جنيه ، 0.3 مليون طن من اللحوم الحمراء بقيمة 3.2 مليار جنيه وذلك حسب بيانات مجلس الوزراء لعام 2009.

ومن هنا فإن التوسع الأفقي يجب أن يتمشى مع الزيادة في عدد السكان . ولتحقيق ذلك يتطلب المزيد من استصلاح الأراضي يهدف زيادة كمية الإنتاج الزراعي وليس مجرد زيادة المساحة المنزرعة.

ويجب وضع السياسات والبرامج الكفيلة بتقليص الفجوة الغذائية خاصة بالنسبة للمحاصيل الاستراتيجية وإعطاء الأولوية للمحاصيل ذات الميزة التنافسية ودعم التعاونيات وتحديثها لمواجهة مشاكل تفتت الحيازة الزراعية والارتقاء بصناعة التقاوى وأحكام الرقابة على إنتاجها وتداولها وتنظيم العلاقات المؤسسية بين وزاره الزراعة والوزارات المعنية الأخرى لتنظيم الاستثمار فى استصلاح الاراضى الزراعية وزيادة معدل التكتيف المحصولى بطريقة مستدامة وربط سياسة توزيع الاراضى الجديدة بإقامة المجمعات الزراعية الصناعية.

استصلاح الأراضي في مصر

يعتبر القطاع الزراعي احد ركائز الاقتصاد القومي المصري باعتباره المسئول عن تحقيق الامن الغذائي وعن انتاج الخامات اللازمة لعدد من الصناعات الهامة بالإضافة إلي اهمية الصادرات الزراعية في دعم الدخل القومي.

وتبلغ مساحة جمهورية مصر العربية حوالى مليون كيلو متر مربع أو حوالى 220 مليون فدان يزرع فيها فقط حوالى 8 مليون فدان هى ما يعيش عليه سكان الجمهورية (60 مليون نسمة تقريبا). وقد ظلت المساحة الخضراء من أرض مصر حوالى ستة ملايين فدان هى مساحة أرض وادى النيل والدلتا فى أوائل القرن العشرين وكانت تكفى وتزيد عن حاجة سكان مصر من الغذاء والكساء وتصدر فائض الإنتاج إلى أوروبا وغيرها .. ومع تزايد السكان وزيادة الضغط العمرانى والسكانى والصناعى استهلكت مساحات كثيرة - تزيد عن المليون فدان من أجود الأراضي الزراعية (فى الوادى والدلتا) وأصبحت مصر تعتمد أكثر فأكثر على استيراد حصة كبرى من الغذاء والكساء بعد أن كانت تكتفى ذاتيا وتصدر ما يفيض منها الى الدول الأخرى.

وفي الواقع شهدت فترة العشرين عاماً الماضية زيادة مساحة الرقعة الزراعية بحوالي 2.2 مليون فدان لتصل إلى حوالي 8.3 ملايين فدان وإحفاقاً للحق زاد انتاج مصر من الحبوب بنسبة 262% كما حققت مصر المركز الاول علي مستوى العالم في انتاجية محاصيل الارز وقصب السكر والذرة الرفيعة والمركز الثاني في انتاجية الفول السوداني.

مشروعات التوسع الافقي في مصر

تعد مشروعات استصلاح الاراضي والتوسع الزراعي الافقي احد مداخل اعادة توزيع الكثافة السكانية والتنمية العمرانية وهي تساهم في تحقيق التنمية المتواصلة والاستثمار المتكامل لكافة الموارد والطاقات المتاحة. وتتمثل هذه المشروعات في:

1. مشروع مبارك لشباب الخريجين : في إطار جهود الدولة للحد من مشكلة البطالة ومساهمة منها في ايجاد فرص عمل واعدة لشباب الخريجين تم البدء في تنفيذ مشروع مبارك لشباب الخريجين في عام 1987 بهدف استصلاح الاراضي واعمار المناطق الجديدة وبلغ عدد المستفيدين حتي المشروع في عام 2002/ 2003 حوالي 50 الف شاب تملكوا حوالي 250 الف فدان. وقد توقف هذا المشروع لتوجه الدولة لمشروعات أخرى.

2. مشروعات التنمية الزراعية العلاقة : شهدت الفترة السابقة التوسع في مشروعات التنمية الأفقية الزراعية وخاصة في النصف الثاني من عقد التسعينيات حيث بدأت سلسلة من المشروعات العلاقة في منطقة جنوب الوادي ممثلة في (مشروع توشكي وشرق العوينات ودرب الاربعين) وهي تعتمد علي احداث الأساليب العلمية في الزراعة والري.

وتتميز بإنتاج محاصيل اقتصادية خالية من الكيماويات والمبيدات يتم تصديرها للخارج بالإضافة إلى مشروع ترعة السلام وتنمية شمال سيناء.

1. مشروع توشكي : بدأ تنفيذ المشروع القومي العملاق " توشكي " في 9 يناير 1997 حيث تم البدء في شق ترعة الشيخ زايد وإقامة محطة الرفع العملاقة (مبارك) ويساهم المشروع في إضافة 540 ألف فدان من الأراضي الزراعية تروي بمياه النيل وتبلغ تكلفة التربة ومحطة الرفع 5.5 مليارات جنيه . ويعتمد المشروع في إقامته على الاستفادة بنحو من 5 إلى 6 مليار متر مكعب من الحصصة المقررة لمصر من مياه النيل.

وقد تم الانتهاء من التربة الرئيسية بطول 50.8 كم وأعمال المرحلة الأولى وشهد عام 2003 / 2004 انتهاء أعمال محطة طلمبات مبارك العملاقة للرفع بنسبة 100 % وانتهاء تجارب تشغيل جميع الوحدات الـ 21 وإطلاق المياه في التربة الرئيسية وتشغيل أول وحدتين في محطة الرفع وإطلاق المياه بدليل فرعي (1 و 2) وبفرع (2) لمد أراضي المرحلة الأولى للمشروع (بمساحة 54 ألف فدان) بالمياه.

2. مشروع شرق الوينيات : بدأ تنفيذ المشروع عام 1997 بهدف استصلاح حوالي 255 ألف فدان تروي بالمياه الجوفية المتجددة وبلغت مساحة الأراضي المستصلحة حوالي 47.5 ألف فدان تمت زراعتها بمحاصيل القمح والشعير والذرة والفواكة والخضروات والنباتات العطرية والزيتية .

3. مشروع درب الأربعين : يساهم في إضافة 12 ألف فدان من الأراضي المستصلحة التي تقع بالصحراء الغربية وتروي بالمياه الجوفية وتعتمد على أسلوب الزراعة النظيفة.

4. مشروع ترعة السلام : يساهم في إضافة 620 ألف فدان تروي بمياه ترعة السلام وهي موزعة كما يلي :

نحو 220 ألف فدان غرب القناة (المرحلة الاولى لترعة السلام).
- نحو 400 ألف فدان شرق القناة وعلي ارض سيناء (المرحلة الثانية لترعة السلام).

ومع انطلاق مياه ترعة السلام تم حتي عام 2004/2003 تم استصلاح واستزراع ما يلي:

- حوالي 30 ألف فدان بمنطقة سهل الطينة.
- حوالي 40 ألف فدان بمنطقة جنوب القنطرة.
- استصلاح حوالي 38 ألف فدان في منطقة شرق البحيرات المرة .
- تم استصلاح 40 ألف فدان بمشروع شرق السويس.
- قامت وزارة الزراعة بإنشاء 14 مركزاً وحقلأ ارشادياً في سيناء واقامة 8 مراكز خدمة بيطرية .

وفي اطار المشروع تم الانتهاء من المرحلة الاولى لترعة السلام بطول 87 كم غرب القناة والانتهاء من سحارة ترعة السلام ، والانتهاء من ترعة الشيخ جابر شرق القناة بطول 86.5 كم وجميع محطات الرفع وعدد الكباري والانتهاء من ترعة جنوب القنطرة شرق بطول 35 كم ومحطتي الرفع التابعتين لها ومحطتي صرف بالوظة والفرما .

مقومات إستصلاح الأراضي الصحراوية

تهتم عمليات إستصلاح الأراضي بمعالجة عيب أو أكثر بحيث يتم تحويل التربة من حالة غير منتجة إلى أخرى منتجة وبدرجة إقتصادية ، وذلك عن طريق توفير الأساليب والمستلزمات الضرورية لذلك ، ويعتبر أى مشروع لإستصلاح الأراضي مهما كان حجمه عملية إقتصادية متكاملة ، أركانها متشعبة وتتوقف على عوامل مختلفة ومتداخلة ، نلخص أهمها فى الآتى:

1- التربة

وتعتبر أساس المشروع ، وخواصها الأساسية تطبع المشروع بطابعها بصفة دائمة تصل لأكثر من مئات السنين فتؤثر على خواص التربة:-

أ -الطبيعية خاصتاً قوامها والذى يصعب تغييره.

ب -الكيمائية خاصتاً نسبة ونوعية الأملاح المتواجدة والتي يصعب التخلص منها ، ولا بد من معاشتها. فالأراضي التى تحتاج إلى استصلاح تسمى أراضي ذات مشاكل تجعلها غير منتجة بدرجة إقتصادية ، ويتحدد مدى صعوبة الاستصلاح أو سهولته على أساس تكلفة حل هذه المشاكل ومدى العائد من حلها.

2- المياه

تعتبر عاملاً محدداً لتنفيذ أى مشروع استصلاح مثلها تماماً مثل خواص التربة الأساسية أن لم تكن أكثر أهمية ، خصوصاً فى المناطق التى لا يتوفر فيها الماء بكمية كافية أو نوعية جيدة أو تكاليف رفع إقتصادية ، وهذا هو السائد فى الصحراء.

3- الموارد الفنية والتكنولوجية

يعتبر استصلاح الأراضي من أقدم العلوم التطبيقية والتكنولوجية المرتبطة
بعلوم وفنون أخرى كثيرة كالهندسة والميكانيكا والري والعمارة والتربة ، الكهرباء
والطرق ، والتصوير الجوي والعلوم الزراعية المتعددة . ومن هنا كانت أهمية
التكنولوجيان في تطوير العمل في هذا المجال خصوصاً وأن مواقع أغلب أراضي
الاستصلاح مستحصرة في الصحراء الغربية ، الشرقية ، وميناء وتختلف تكنولوجيا
استغلال الأراضي الصحراوية أي البعيدة عن مياه الري السطحي عن تكنولوجيا
استغلال الأراضي القديمة بالوادي والدلتا . فكل خطوة من خطوات الاستصلاح في
الأراضي الصحراوية عبارة عن تكنولوجيا متطورة بدءاً من حفر الآبار ، اختبار
المضخة ، وضع المضخة ، مصدر الطاقة ، نوع شبكة الري ، واختبارها وتركيبها ،
التشغيل والصيانة ، نظم الزراعة والتسميد وعمليات الخدمة الزراعية ... الخ.
ولا يصح نقل التكنولوجيان المطبقة في الأراضي القديمة إلى الأراضي
الصحراوية نظراً لعدم ملاءمتها ، وعدم الاحتياج إليها لتحقيق الهدف ، وهو حسن
استغلال الأراضي الصحراوية.

4- الموارد البشرية

إن أنسب الأشخاص للتعامل مع التكنولوجيان الصحراوية هو العامل الفني
والمهندس التكنولوجي المدرب والذي يعتبر حالياً العامل المحدد في النجاح وتحويل
عملية الاستصلاح المكلفة إلى عملية استثمارية مربحة . لذلك يجب قبل تشغيل العمال
، الفنيين ، المهندسين ، إعطائهم دورات تدريبية فنية عالية الدقة لتحسين الأراضي
الصحراوية وإنجاح عملية الاستصلاح.

ونظراً للتطور الهائل فى التكنولوجيا مع الوقت فأنه من الضروري مواصلة التدريب وتبادل الخبرات العاملين فى مجال الاستصلاح الصحراوي مع ضمان توفير جهاز إرشادي متطور لنقل المعلومات والتوجيهات ونتائج البحوث مباشرة من الإخصائين إلى المزارعين . إن الثروة البشرية فى الصحراء هى العامل التكنولوجي المحدد لإنجاح استصلاح واستغلال الأراضى الجديدة وليس بديلاً عن ذلك.

5- المناخ

وهو يشمل المطر - الحرارة - الرطوبة النسبية - البخار - الإشعاع - نوع التربة - النباتات والحيوانات.

أ. الأمطار:

ونحن نركز هنا على الرى فى تعريف المنطقة الجافة لأن الأمطار من القلة بدرجة لا يعتمد عليها فى ٣٠٠ مم / سنة - الرى . ولو وجد المطر أحياناً فى بعض المناطق الشمالية أو الجنوبية فهو لا يتعدى ٢٠٠، ولا يهم فى ذلك كمية المطر فقط ولكن فترات توزيع هذه الكمية خلال موسم الأمطار حيث تنمو المحاصيل على امتداد فترة من الزمن تحتاج فيها إلى الماء بانتظام . ومن الصعب توافر هذه الظروف فى المناطق الجافة.

ب. الحرارة والرطوبة فى المناطق الصحراوية:

لا تنخفض الحرارة كثيراً فى فصل الشتاء ، فهى دائماً أعلى من ١٠ م ونادراً ما يحدث الصقيع خلال فصل الشتاء . ويتعتبر هذا المناخ مناسب تماماً لزراعة الخضروات خلال الشتاء ، حيث تعتبر الصحراء فى هذه الفترة بيوت دافئة طبيعية ، وهذه الميزة لا توجد فى المناطق الأخرى.

ويختلف الحال فى الصيف حيث تتجاوز الحرارة الأربعين درجة مئوية . وتعانى النباتات كثيراً خلال هذه الفترة إن لم تحصل على إحتياجاتها المائية يومياً بانتظام. أما الرطوبة النسبية فهى تتراوح 25-50% وذلك قلل الرطوبة عامل ثانوى فى التأثير على

الزراعات المروية رغم ان قلتها تزيد من كمية الإحتياجات المائية للمحاصيل وتقلل الإصابة بالأمراض المختلفة وبالتالي تقلل من إستخدام المبيدات.

ج. الإشعاع الشمسى:

تتميز المناطق الصحراوية بأن معدل الإشعاع الشمسى دائماً مرتفع ولا يقل عن ٢٠٠ كجم كالورى / سم فى السنة ، ويعتبر تدفق الإشعاع الشمسى ذو أهمية كبرى فى تقدير كافة إنتاجية المحاصيل نتيجة لتأثير التمثيل الضوئى والحرارة.

د. رياح الخماسين:

تعتبر رياح الخماسين رياح صحراوية لذلك فهى قمة فى الجفاف مع إنخفاض رطوبتها إلى ١٠ ٪ بينما قد تصل درجة الحرارة إلى درجات عالية أكثر من الأربعين درجة مئوية فى الظل.

وتهب هذه الرياح خلال شهرى إبريل ومايو مسببة العديد من المشاكل للإنسان والحيوان والمحاصيل وخاصة الخضروات. وقد يصحب رياح الخماسين بعض العواصف الرملية الشديدة وتحمل مثل هذه العواصف ملايين من أطنان الغبار والرمال التى تسبب العديد من الأضرار للمحاصيل القائمة. ويقلل كثيراً من أضرار رياح الخماسين وغيرها اللجوء إلى مصدات الرياح المرتفعة لحدود ٢٠ م على مسافات 40- 50م من بعضها البعض . وعند عدم توفر الحماية للمحاصيل القائمة فقد يسبب ذلك خسائر 40- 100 ٪ تبعاً لنوع المحصول ومرحلة النمو وموقع الحقول وعموماً يعد مناخ مصر من العوامل الحاكمة بعد الماء والتربة فى التنمية الزراعية.

الأراضي الصحراوية القابلة للإستصلاح في مصر

ومن الدراسات التي تمت على أراضي الصحراء المصرية وشمال وشرق الدلتا تم تحديد المناطق والمساحات التي يمكن إستزراعها حسب الموارد المائية المتاحة وهي:

جدول (6) جدول الأراضي القابلة للإستصلاح في مصر

المنطقة	المساحة الكلية (الف فدان)	نوعية التربة	مصدر الري	نوعية المياه	طريقة الري
سيناء					
1- الساحل الشمالى بين سهل الطينة والعريش.	56	رمالية طينية	ترعة السلام	مصارف مخلوط	سطحي
2- سهل الطينة.	50	طميية طينية	ترعة السلام	مخلوطة	سطحي
3- شرق البحيرات المرة.	27.5	ملحية		عذبة	رش
4- شرق قناة السويس.	42	رمالية	ترعة السويس	عذبة	رش
5- سهل القاع.	2	رمالية جيرية	مياه جوفية	جوفية	رش
6- العريش.	6.8		مياه جوفية	جوفية	تنقيط
7- مساحة غير محددة	1		مياه جوفية	جوفية	تنقيط
جملته سيناء	185.3				
شرقي الدلتا					
8- جنوب بور سعيد.	62.5	طميية طينية إلى	ترعة السلام	مخلوط	سطحي
9- شمال الحصنة.	66	ملحية	ترعة السلام	مخلوط	سطحي
10- جنوب الحصنة.	75.8	طميية إلى طينية	ترعة السلام	مخلوط	سطحي
11- شرق بحر النفر.	11.8	ملحية	ترعة الصالحية	عذبة	سطحي
12- المخطرة.	3.27	طميية إلى طينية ملحية طينية ملحية رمالية طي	ترعة الصالحية	عذبة	سطحي
13- جنوب سهل بور سعيد	43.5	طميية إلى طينية	ترعة السلام	مخلوطة	سطحي
14- فارسكور	5	ملحية	ترعة الزهريه	عذبة	سطحي
15- شركة للعدلية	13.8	طينية ملحية	دمياط	عذبة	رش
16- هامش صحراء بلبيس	11.6	طميية طينية		عذبة	رش
17- صحراء الصالحية	56	رمالية جيرية إلى	ترعة الصالحية	عذبة	رش
18 - على طول ترعة الحصينة	17	رمالية		عذبة	
19- (الشباب) مديرية الشباب	47.5	رمالية	ترعة	مخلوطة	تنقيط
	31.5	رمالية	الإسماعيلية	عذبة	رش

20- رمسيس والعاش من رمضان	30.3	رمالية	ترعة	مخلوط	سطحي
21- طريق مصر الإسماعلية	103.6	رمالية	الإسماعلية	مخلوط	سطحي
الصحراوي	38.3	رمالية	صرف صحي	عذبة	رش
22 - جنوب طريق مصر	8.9	رمالية	صرف صحي	مخلوط	سطحي
الإسماعلية الصحراوي	5.37	طميية طينية إلى	ترعة	عذبة	رش
23 - غرب البحيرات المرة		طينية	ترعة السلام		
24- توسيع المطرية		رمالية	ترعة المنافع		
25- المنافع					
جملة شرق الدلتا	677.7				
وسط الدلتا					
26- بلطيم والخاشعة	3.7	طميية طينية-	بحر تيرة	مصارف مخلوط	سطحي
27- تجفيف البراس	3.7	طميية طينية-	ومصرف الغربية الرئيسي	مصارف مخلوط	سطحي
		طينية	ترعة الرشيدة		
			ومصارفها		
جملة وسط الدلتا	7.4				
غرب الدلتا					
28-برسيق(بحيرة إدكو)	27	طميية طينية	مصر ادكو	مصارف	سطحي
29- تجفيف مريوط بحيرة مريوط	11	طينية	ترعة الحارس	مخلوط	سطحي
30- الحاجز	17	رمالية طينية	ترعة الحاجز	عذبة	رش
31- شرق الطريق الصحراوي	58.9	طينية ملحية	والنوبارية	عذبة	سطحي
32- امتداد ترعة النصر	68	رمالية طينية	ترعة النصر	عذبة	رش
33- كفر داود (مدينة السادات)	99.6	رمالية	والرياح	عذبة	رش
34- البستان	30.3	رمالية	الناصرى	عذبة	رش
35 - امتداد البستان	18.9	رمالية	ترعة النوبارية	عذبة	رش
36 - البحيرة	92	رمالية		عذبة	وتنقيط
37 -زاوية عبد العاطي	22	طميية طينية	ترعة النوبارية	عذبة	رش
38 -الحمام	18	طينية رمالية	ترعة النصر	عذبة	رش
39- رأس الحكمة	43	طميية طينية	ترعة النصر	عذبة	وتنقيط
40- الضبعة	31	طميية طينية	ترعة النصر	عذبة	رش
41 -وادي شكرى	35	طميية طينية	ترعة النصر	عذبة	رش
جملة غرب الدلتا	570.9				
مصر الوسطى					
42 -امتداد الصف شمال الصف					

44 - أبو بصير	307	رملية	مخلوط للصرف	مخلوط	رش
45 - حوض الريان - وادي الريان	10.5	طينية رملية	الصخرية	عذبة	وتنقيط رش
46 - شرق أسبوط	307	طينية رملية	الجزيرة وبحر	عذبة	رش
47 - وادي أسبوط الأعلى	25	رملية	يوسف	عذبة	رش
48 - وادي أسبوط الأدنى	501	رملية	ترعة المعنى	عذبة	رش
49 - غرب منقوط	19.1	رملية	مياه النيل	عذبة	رش
50 - غرب القوصية	12.3	رملية	مياه النيل	عذبة	رش
51 - غرب ديروت	20.5	رملية	مياه النيل	عذبة	رش
جملة مصر الوسطى	172				
مصر العليا					
52 - الخنايم	5.3	رملية حصوية	ترعة المشاية	عذبة	رش
53 - وادي أبو تيج	3.2	رملية	ترعة نجع	عذبة	رش
54 - غرب طوطا	2.24	رملية حصوية	حمادى	عذبة	رش
55 - غرب جرجا	9.3	رملية	ترعة نجع	عذبة	رش
56 - وادي سمهود	5.3	رملية حصوية	حمادى	عذبة	رش
57 - غرب قلنا	3.26	رملية	ترعة نجع	عذبة	رش
58 - وادي قلنا	4.1	رملية	حمادى	جوفى	تنقيط
59 - وادي اللقطة	9.3	رملية	مياه النيل	جوفى	تنقيط
60 - وادي اللقطة	5.48	رملية	مياه النيل	جوفى	تنقيط
61 - فقط	5.5	رملية	جوفية	عذبة	رش
62 - حجازة	7.3	طمية رملية	جوفية	عذبة	رش
63 - النسيم - غرب النسيم	3.3	طمية رملية	جوفية	عذبة	رش
64 - الصعايدة	18	طينية رملية	الجنابية فقط	عذبة	رش
65 - غرب الصعايدة	8.81	رملية حصوية	الجنابية حجازة	عذبة	رش
66 - الكوبانية - وادي الكوبانية	8.18	رملية	طلعميات غرب	عذبة	سطحي
67 - كوم أمبو - غرب كوم أمبو	345	رملية حصوية	الدلتا	عذبة	سطحي
68 - وادي عبدلى	8.6	رملية	مياه النيل	جوفى	سطحي
69 - وادي نتاس	80	طينية رملية	النيل	جوفى	سطحي
70 - وادي نتاس	7.11	رملية - طينية	ترعة خريث	عذبة	رش
71 - سواحل وادي نتاس	5.22	رملية - طينية	جوفية	عذبة	رش
72 - وادي شعيب	5.9	رملية	جوفية	عذبة	رش
73 - وادي خريث	5.16	رملية طينية	مياه النيل	عذبة	سطحي
		رملية طينية	مياه النيل		
		رملية طينية	مياه النيل		
		رملية طينية	ترعة خريث		

		الأعلى	طوبانية		
				743.85	جملة مصر العليا
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية		74- الوادى الجديد
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	46.23	75 -واحة سيوة
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	30	76 -البحرية
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	5.31	77 -الغرافرة
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	5.4	78 -زويمنفار
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	29	79 -الدخللة
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	5.1	80 -الزيات
رش	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	0.2	81 -غرب الموهوب
نظم ري	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	0.3	82 -للقروين
حديث	جوفى	مياه جوفية	طوبانية	600	83 -حلايب وشلاتين
				721.54	مجموع الواحات والمناطق الأخرى

المصدر : إستراتيجية التوسع الأفقى فى استصلاح الأراضى حتى عام 2017 .
وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى 1996-1997.

بالإضافة إلى ذلك فهناك مساحات أخرى شاسعة فى منطقة العوينات لا تقل عن المليون فدان بالإضافة إلى الأودية الكثيرة المنتشرة بالصحراء الشرقية وخاصة الجنوب وتقدر بمئات الآلاف من الأفدنة وجارى دراسة المياه الجوفية ، ومياه السيول التى سوف تستخدم لاستزراع هذه الأراضى.

وتشمل الأراضى الجديدة الداخلة فى عمليات الإستصلاح كما سبق بالجدول السابقة على الآتى:

الباب الثالث

خواص ومشاكل أراضي الامتصلاح

تمهيد

الأراضي الملحية

الميزان المائي في مصر ودوره في تملح الأراضي

تحمل المحاصيل للأملاح

مصادر الأملاح في الأرض

الأرض الملحية الصودية

الأراضي الصودية غير الملحية

الملاح المورفولوجية للأراضي المتثرة بالأملاح والصودية

إدارة والتغلب على مشاكل الملوحة

استصلاح الأراضي الصودية و الأراضي الملحية الصودية

تقسيم المحاصيل حسب درجة تملحها للملوحة

الأراضي الرملية

الخواص الطبيعية للأراضي الرملية

الخواص الكيماوية للأراضي الرملية

مستوى العناصر الغذائية بالأراضي الرملية

تحسين واستغلال الأراضي الرملية

التوصيات الخاصة بتحسين واستغلال الأراضي

طرق الري ومدى ملائمتها للأراضي الرملية

الأراضي الجيرية

التركيب المعدني للأراضي الجيرية

الخواص الكيميائية لهذه الأراضي

التوصيات الخاصة بتحسين وإستزراع الأراضي الجيرية

الأراضي الجبسية

استصلاح الأراضي الجبسية

الأراضي الطفلية

النقاط الواجب توافرها عند إستزراع الأراضي الطفلية

طرق إستصلاح الأراضي

أنواع الصرف الزراعي

المصارف المكشوفة

المصارف المغطاء

علاج مشاكل الأراضي الجديدة

التربة وزراعة أشجار الفاكهة

خواص ومشاكل أراضي الاستصلاح

تمهيد

تعتبر الأرضى هى الوسط الذى تنمو فيه النباتات الراقية والتي تقوم بالتمثيل الضوئى لثانى أكسيد الكربون من الغلاف الجوى مع العناصر الغذائية والماء من الأرض لتكون أنسجة حية، ورغم أن كمية لا بأس بها من التمثيل الضوئى يتم فى البحار والمحيطات إلا أن 99% من الغذاء ينتج على سطح الأرض اليابسة . وترجع أهمية الأرض للنبات فى أنها تعمل كدعامة لتثبيت جذور النباتات ومده بالعناصر الغذائية الكبرى والمتمثلة فى "النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت" والصغرى والمتمثلة فى "المنجنيز والحديد والزنك والنحاس و البورن و المولبدنم و الكلوريد" هذا بالإضافة إلى أن الأرض توفر الاحتياجات المائية والأكسجين اللازمان لنمو للنبات. وحيث أن جميع المحاصيل الإقتصادية تتأثر بنقص الماء ولو كان ذلك بصفة وقتية لا تؤدي إلى موت هذه النباتات فإن قدرة التربة على حفظ الرطوبة ضد الجاذبية تصبح من الأمور الهامة إلا فى حالة توفر سقوط الأمطار أو الري المستمر . كذلك إزالة الزائد من الماء من منطقة نمو الجذور يعتبر من الضرورة بمكان حيث يسمح ذلك بتوفر الأكسوجين اللازم لنمو وتنفس الجذور. وعندما نتحدث عن إستصلاح الأرضى فنحن نحصر حديثنا فى الموضوعات المتصلة بأرض غير منتجة أو ذات إنتاج ضعيف لايلبغ الحدية الإنتاجية، وأسباب الجذب أو ضعف الإنتاج يختلف بين أرض وأخرى سواء كان ذلك راجعا لخواص الأرض نفسها أو للظروف المحيطة بها.

وسوف نركز في هذا الباب على الأراضي ذات العيوب التي تسبب نقص الإنتاج، وفي الواقع أنه إلى عهد ليس ببعيد كانت الأراضي المتأثرة بالأملاح أكثر أراضي الإستصلاح إنتشاراً بمصر، كما أن الباحثين في مصر ومختلف أنحاء العالم قد أعطوا لهذه الأراضي قدراً وافراً من وقتهم في دراستها. وحينئذ زاد الإهتمام في العالم ومصر بالأراضي الصحراوية المتمثلة في الأراضي الرملية والجيرية، وأصبح مفهوم الإستصلاح لاهتمام بنوع وطبيعة الأرض بقدر ما يهتم بتوفر المياه الصالحة للرى.

وتنتشر بين هذه الأراضي – المتأثرة بالأملاح و الجيرية و الرملية – مساحات شاسعة من الأراضي ذات الطبقات غير المنفذة أو ذات القطاع الضحل أو الأراضي الجسية أو الطفلية، وفي الصفحات التالية وصف لأراضي الإستصلاح وخواصها وأثر هذه الخواص على النباتات التي تنمو بها.

الأراضي الملحية (Saline Soil)

تعرف الأراضي الملحية بأنها الأراضي التي تحتوي على تركيزات من الأملاح الذائبة المتعادلة بكمية تؤثر بالضرر على نمو المحاصيل، وقد تعرف على أنها الأراضي التي يزيد فيها التوصيل الكهربائي (EC) Electrical Conductivity لمستخلص عجينة الأرض المشبعة عن 4 ديسيمنز/متر أو ملليموز / سم (dS/m or m.mohs/cm) ولا تزيد النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP عن 15% وعادة الـ pH لهذه الأراضي أقل من 8.5 وذلك لأن معظم الأملاح متعادلة .

وتسود الأراضي الملحية أو المتأثرة بالأملاح في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل الأراضي الواقعة في مصر والمنطقة العربية، وليس من السهل دائماً كما أنه ليس من

المطلوب التخلص من كل الأملاح الموجودة بالتربة ولكن الهدف المطلوب هو السيطرة على الأملاح والتعايش معها بحيث لا تتجاوز الحدود المسموح بها، وإذا نظرنا إلى جميع الأراضي الخصبة المنتجة نجد أنها تحتوي على نسبة عالية من الأملاح، وإذا زادت أو قلت هذه النسبة فإن نمو النبات وإنتاجه الإقتصادي يتأثر وبالتالي يجب التدخل لتصحيح هذه النسبة سواء بالإضافة إذا كانت نقص (التسميد Fertilization) أو بالإزالة إذا كان هناك زيادة (الغسيل Leaching).

والأراضي الملحية لا توجد في المناخ الرطب مثل مناطق وسط أوروبا أو المناطق الشمالية حيث المناخ البارد وتتراكم الثلوج في الشتاء وتذوب في أوائل الربيع فتغسل قطاع الأرض بالكامل علاوة عن سقوط الأمطار في بعض الأحيان في فصل الصيف والذي يتميز هو الآخر باعتدال درجة الحرارة لذلك يسود في هذه المناطق الترسيب (المطر) على التبخير.

الميزان المائي في مصر ودوره في تملح الأراضي

الميزان المائي (المتمثل في الترسيب (المطر) والتبخير) في مصر يكون في صالح التبخير عن الترسيب حيث تقع مصر في المناطق الجافة وشبهه، ولفهم الميزان المائي في مصر ودوره في تملح الأراضي فاسمحوا لنا بمرور التالي:

1. الترسيب (المطر) ----- المدخلات (Input)

تتراوح نسبة الأمطار في مصر بين 100 إلى 200 ملليمتر على المناطق الساحلية وتقل بصفة عامة كلما إتجهنا إلى الجنوب وتسقط الأمطار خلال فصل الشتاء فقط.

2. التبخير (Evaporation) ----- المخرجات (Output)

يختلف معدل التبخير في مصر حسب شهور السنة كما يلي:

أ- فصل الصيف:

يصل التبخير أقصاه فى أشهر الصيف فى شهور يونيو ويوليو و أغسطس وسبتمبر أى 120 يوم فى العام بمتوسط تبخير حوالى 10 مل/يوم، وبالتالي إجمالى التبخير فى الصيف = 120 يوم x 10 مل/يوم = 1200 مليلتر.

ب- فصلى الربيع والخريف:

يقل التبخير إلى النصف فى فصلى الربيع والخريف فى شهور مارس وإبريل ومايو وأكتوبر ونوفمبر أى 150 يوم فى العام بمتوسط تبخير 5 مل/يوم، وبالتالي إجمالى التبخير فى الصيف = 150 يوم x 5 مل/يوم = 750 مليلتر.

ج. فصل الشتاء:

يقل التبخير إلى الحد الأدنى فى فصل الشتاء فى شهور ديسمبر ويناير وفبراير أى 90 يوم فى العام بمتوسط تبخير 1 مل/يوم، وبالتالي إجمالى التبخير فى الشتاء = 90 يوم x 1 مل/يوم = 90 مليلتر.

مما سبق نجد أن متوسط التبخير السنوى تحت ظروفنا المصرية = 2040 ملليمتر / سنة، فإذا ما اعتبرنا أن متوسط الأمطار فى مصر 40 ملليمتر / سنة فى فصل الشتاء فإن عمليات التبخير تكون هى السائدة تماماً خلال السنة بمقدار 2000 ملليمتر.

من العرض السابق نجد أن الميزان المائى المصرى بالضرورة يؤدى إلى تراكم وترسيب الأملاح فى الطبقة السطحية من التربة.

وتتكون مثل هذه الأراضي الملحية عامتاً فى المناطق الجافة وشبه القاحلة والتي يقل فيها معدل الأمطار السنوي عن 20 - 50 مليلتر. فى مثل هذه الظروف يكون غسيل وانتقال الأملاح من القطاع الأرضي إلى البحار والمحيطات بطيئاً وغير كامل، كما أن زيادة البخر والنتج Evapotranspiration تحت ظروف الجفاف يساعد على تجمع الأملاح فى القطاع الأرضي وبهذا ينشأ ما يسمى بالأراضي المتأثرة بالأملاح.

وقد يزداد تركيز الأملاح وخصوصا المتعادلة في المحلول الارضي وفي هذه الحالة تسمى الأرض الملحية Saline. بينما إذا احتوى المحلول الارضي على زيادة في الأملاح بالإضافة إلى زيادة الصوديوم المتبادل سميت الأرض ملحية قلووية أو صودية Saline Sodic or alkali وتتكون الأملاح الذائبة عادة من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم و الكلوريد والكبريتات بصفة أساسية ومن البوتاسيوم والبيكربونات والنترات والبيورون بصفة ثانوية.

تحمل المحاصيل للأملاح : Crop salt Tolerance

يعرف تحمل المحاصيل للأملاح بمقدرة المحاصيل على النمو والإنتاج بدرجة إقتصادية تحت الظروف المعاكسة الناتجة عن زيادة الأملاح . ويعبر عن تحمل المحاصيل للأملاح بمعدل النقص في المحصول المصاحب لزيادة الأملاح في التربة. أو المقارنة بين إنتاجية هذه المحاصيل في الأراضي غير الملحية وإنتاج ذات المحاصيل عند زراعتها في تربة تحتوي نسبة زائدة من الأملاح الذائبة.

ويرجع التأثير الضار لتراكم الأملاح الذائبة على نمو النبات إلى:

1. التأثير الكلي لتركيز الأملاح:

يرجع التأثير الكلي لتركيز الأملاح في المحلول الارضي إلى زيادة الضغط الاسموزي له وبالتالي قد تعدم حركة الماء إلى النبات، أي ينخفض معدل امتصاص النبات للماء، بسبب منافسة الأملاح الكلية للنبات في امتصاص الماء . ويمكن حساب قيمة الضغط الاسموزي للمحلول الارضي من المعادلة:

$$\text{الضغط الاسموزي (جوى)} = \frac{\text{التوصيل الكهربائي بالدم/م}}{0.36}$$

وغالباً ما يعطى إشارة سالبة نظراً لأنه يعمل ضد الجاذبية الأرضية وبزيادة الضغط الاسموزي لمحلول التربة يقل الماء الميسر للنبات وعادة ما تعاني النباتات النامية

تحت هذه الظروف من العطش. والنباتات النامية والمتأثرة بالأملاح الزائدة تبدو عليها آثار التقزم وصغر حجم الأوراق.

2. التأثير النوعي للأملاح:

التأثير النوعي للأملاح (Specific effect) وهو تأثير نوع معين من الأملاح على النبات سواء عند تركيز مرتفع أو منخفض، فمثلاً يعتبر تأثير البورون على النبات تأثيراً نوعياً إذ يؤثر على نمو كثير من النباتات إذا زاد تركيزه عن واحد جزء / مليون في المحلول الأرضي وكذلك زيادة تركيز عنصر الصوديوم يؤدي إلى الإضرار بالنبات.

وعاملاً يطلق تعبير السمية النوعية على بعض الأيونات التي تؤدي زيادتها في محلول التربة إلى تأثير معاكس على نمو النبات بل قد يؤدي إلى سمية إذا تراكمت في منطقة نمو الجذور وترجع خطورة هذه الأيونات أن لها ضعف تأثير الملوحة الكلية نظراً لأن زيادة تركيزها يؤدي بدوره إلى زيادة الملوحة الكلية علاوة على تأثيرها النوعي على النمو وظهور أعراض تشبه على النبات أو سمية تؤدي إلى تعطيل بعض العمليات الفسيولوجية فبعض النباتات عندما تتراكم في أوراقها تركيزات من الكلوريد تصل إلى 0.5% أو 0.20% من الصوديوم نسبة إلى وزنها الجاف تظهر عليها أعراض إحتراق حواف الأوراق أو الإصفرار أو ظهور بقع ميتة (Necrotic Spots).

أما تلك التي تنمو في الصوبات التي ترتفع بها درجات الحرارة مع إنخفاض الرطوبة بسرعة وبصورة مؤثرة على إقتصاديات الإنتاج ويجب الإحتياط لهذه الحالة في بداية الصيف وأثناء الموجات الحارة.

كذلك الأملاح المختلفة قد تؤدي النباتات النامية بصورة مختلفة فمثلاً كلوريد الكالسيوم أكثر ضرراً إذا زاد تركزه عن كلوريد الصوديوم. كما تمتص بعض

النباتات الكالسيوم على حساب البوتاسيوم والمغنسيوم مما يؤدي إلى خلل في إيزان العناصر داخل النبات لذلك يجب الاحتياط لزيادة الكالسيوم في المحاليل الغذائية. كما قد يؤدي زيادة تركيز الصوديوم إلى ظهور أعراض نقص الكالسيوم والمغنسيوم وتؤدي الملوحة في هذه الحالة إلى ظهور أعراض التسمم البنية في الطماطم والفلفل (Blossom end Rot).

ومن أهم أساليب الإدارة في الأراضي الملحية والقلوية أو في حالة استعمال مياه رى ذات درجة ملوحة غير مناسبة هو اختيار المحاصيل التي لها درجة تحمل عالية أو بصورة أوضح يمكن الحصول منها على إنتاج إقتصادي تحت الظروف القائمة مع مراعاة الاحتياجات السابقة الذكر كما يجب عدم إهمال قياس ملوحة التربة ومياه الرى بصفة دورية حتى يمكن المحافظة عليها في الحدود المعقولة هذا علاوة على إضافة الاحتياجات الغسيلية ومراعاة توازن العناصر الغذائية خلال برامج التسميد المتبعة. وفيما يتعلق بالاحتياجات الغسيلية واحتياجات الإستصلاح يفضل الرجوع إلى محاضرات جودة مياه الرى .

مصادر الأملاح في الأرض:

رغم أن تجوية المعادن الأولية تعتبر المصدر الرئيسي للأملاح في الأراضي، إلا أن الملوحة تنشأ كنتيجة لانتقال الأملاح بواسطة الماء من مكان إلى آخر ثم تجميعها نتيجة لظروف بيئية معينة.

ويمكن أن نجمال مصادر الأملاح في الأراضي في الآتي:

1. تجوية المعادن المكونة لمادة الأصل .

2. في المناطق الجافة والتي يزيد فيها التبخر عن المطر أو ما يصل الأرض من مياه الرى.

3. وجود طبقات غير منفذه أو ضعيفة النفاذية فإن ذلك يعوق حركة الماء إلى أسفل مما يساعد على تراكم الأملاح في مثل هذه الأراضي .
4. ارتفاع مستوى الماء الأرضي والذي يتوقف على طبوغرافية الأرض حيث يرتفع بالقطاع الأرضي بالخاصية الشعرية مسببا تركما للأملاح في منطقة الجذور.
5. قد تتركز الأملاح نتيجة لبخر كميات كبيرة من المياه كما يحدث في البحيرات.
6. في الأراضي ذات المستوى المنخفض أو القريبة من سطح البحر أو المجاورة للبحار حيث ينتقل الماء إليها نتيجة الضغط الهيدروليكي أو في صورة رذاذ.
7. موت وتحلل النباتات المحبة للملوحة والتي تسحب وتخزن الأملاح في أجسامها مما يؤدي إلى تراكم الأملاح في الأراضي الملحية .
8. قد تنتقل الأملاح بالرشح من أرض مرتفعة إلى أخرى منخفضة عنها أو نتيجة عدم التسوية وذلك في الأراضي التي تروى صناعيا .
9. قد تنتقل الأملاح إلى الأرض مع مياه الري أثناء مرورها في القنوات المائية بإذابتها لبعض الأملاح، وقد تتلوث من مياه الصرف التي تجاور قنوات الري.
10. ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى زيادة التملح ويرتبط تمليح الأرض ارتباطا وثيقا بدرجة الحرارة، ويظهر هذا الأثر في كثير من أراضي الدولة ذات درجة الحرارة العالية حيث يتكون ما يعرف بالتملح الثانوي، خاصتا وأن كميات الأمطار قليلة.

وعموما كلما زادت درجة الحرارة كلما أدى ذلك إلى نشاط الخاصية الشعرية، أي ارتفاع المياه الجوفية خلال مسام الأرض وخاصتا في الأراضي ذات المحتوى العالي من الطين والتي تعاني من سوء الصرف حيث تعمل المسام الطينية الدقيقة كأنايب شعرية تترفع المياه إلى أعلى، وذلك لنشاط عملية تبخير المياه تحت ظروف ارتفاع

درجات الحرارة، وبتكرار هذه العملية يزيد تركيز وتراكم الأملاح في الطبقة السطحية أو تحت السطحية.

وبالتالى قد تنشأ الملوحة طبيعياً (Natural Salinization) أو نتيجة لفعل العوامل الطبيعية

وتسمى الملوحة في هذه الحالة بالملوحة الأولية (Primary Salinization) ، بينما إذا نشأت الملوحة في الأرض نتيجة لسوء إدارة الأرض (Soil Management) تتحول الأرض التي لم تكن ملحية أصلاً إلى ملحية، وتسمى الملوحة في هذه الحالة بالملوحة الثانوية (Secondary Salinization) وعادة ما تتكون هذه الملوحة بسبب سوء الري واستعمال مياه بها تركيز مرتفع من الأملاح، ولزراعتها يجب التخلص من هذه الأملاح بالغسيل بمياه غير مالحة للوصول إلى تركيز من الأملاح أقل 4 دس/م.

الأرض الملحية الصودية (Saline Sodc Soils)

تسخر الأراضي الملحية والقلوية ضمن مناطق التوسع الزراعى طبقاً لمتطلبات زيادة السكان وزيادة الطلب على الغذاء فى المناطق الجافة وشبه الجافة. فمعظم الصحارى غير المأهولة فى تلك المناطق المناخية تحتاج فقط إلى موارد مائية لتحويلها إلى أراضى زراعية ذات جودة عالية . وتنتشر المناطق المذكورة فى حوض البحر الأبيض - استراليا - المكسيك وجنوب الولايات المتحدة الأمريكية .

والأراضى الملحية الصودية هي الأراضي التي يزيد فيها التوصيل الكهربائي لمستخلص عجيبة الأرض المثبعة عن 4 دس/م، وتزيد نسبة الصوديوم المتبادل ESP عن 15 % وعادة الـ pH لها أقل من 8.5 نتيجة لوجود تركيز مرتفع من الأملاح المتعادلة. ونتيجة لغسيل هذه الأراضي تتحول الأرض إلى صودية قلوية ويرتفع الـ pH إذا لم يكن هناك مصدر كاف من Ca^{++} و Mg^{++} في الأرض أو في

مياه الغسيل، وذلك لتميز الصوديوم المتبادل بعد غسيل الأملاح مسببا ارتفاع تركيز OH^- في المحلول الأرضي. وزيادة الصوديوم المتبادل تؤدي أيضا إلى تفرق غرويات الأرض وإلى تكون بناء رديء فتصبح الأرض غير منفذة وتزداد سمية الصوديوم للنبات ويجب التخلص من الأملاح الزائدة بالغسيل ثم إضافة الجبس الزراعي كمصدر لعنصر الكالسيوم مع الغسيل لمعادلة قلوية التربة ولتحويل الطين الصوديومي إلى طين مشبع بالكالسيوم ليلائم نمو النبات.

الأراضي الصودية غير الملحية (Nonsaline Sodic Soils)

تعرف بأنها الأراضي التي يقل فيها التوصيل الكهربى لعجينه الأرض المشبعة (ECe) عن 4 دس/م ويزيد فيها الصوديوم المتبادل عن 15 % من السعة التبادلية الكاتيونية ورقم الـ pH بها عادة بين 8.5 - 10. وتتميز هذه الأراضي باكتسابها لونا داكنا اسود نظرا لنويان المادة العضوية في الـ pH المرتفع وتغطية حبيبات الأرض بهذا اللون. كما تصبح الأرض مفرقة وتحتفظ بالمياه بدرجة اكبر نظرا لارتفاع نسبة الصوديوم على أسطح غرويات الأرض وكذا لارتفاع رقم الـ pH.

جدول (7) تقسيم الأراضي السوديّة والمصابة بالأملاح

نوع الأرض	ECe (dS/m)	ESP	pH
الأراضي الملحية	4<	15>	8.5>
الأراضي الملحية السوديّة	4<	15<	8.5>
الأراضي السوديّة غير الملحية	4>	15<	8.5-10

الملاح المورفولوجية للأراضي المتأثرة بالأملاح والسوديّة :

القشرة السطحية لهذه الأراضي تبدو مبللة هشة (سبخة) يتباين لونها بين اللون الفاتح للأملاح إلى اللون الداكن للأرض. ويرجع اللون هنا إلى نوعية الأملاح السائدة في هذه الطبقة ، فوجود أملاح كلوريد المغنسيوم $MgCl_2$ يعطى هذه الطبقة السطحية اللون الداكن نظراً لامتصاص هذا الملح للرطوبة الجوية ، بينما يتميز خليط أملاح كلوريد وكبريتات الصوديوم بتكوين بللورات بيضاء اللون تكسب الطبقة السطحية اللون الفاتح ووجود وسيادة كربونات الكالسيوم والجبس يكسب الطبقة السطحية من الأرض نغومه وشكل الأثرية المفككة الناعمة ، بينما يكتسب السطح اللون الداكن عند وجود الظروف القلوية أو ما تسمى بالسودية نتيجة لوجود المواد العضوية المتحللة ذائبة في الوسط القلوي وتكسو حبيبات الأرض بلونها الداكن ، كما قد يرجع اللون الأزرق الداكن بالقرب من السطح على وجود ماء أرضي مرتفع وذلك لسبابة الظروف اللاهوائية .

وعامناً الأراضي القلوية غير الملحية تتميز بالتفرق وضعف وحدات البناء الأرضي وقلة المسامية للماء والهواء وتراكم البقع السوداء الناتجة عن إحتراق المواد العضوية ويظهر ذلك قرب سطح التربة - كما تتميز باللزوجة عند ترطيبها والصلادة عند

الجفاف وفي هذه الحالة فإن النباتات التي لها قدرة على النمو بدرجة جيدة في وجود تركيزات عالية نسبياً من الصوديوم تعاني وتتأثر بشدة من الظروف الميكانيكية السيئة وسوء التهوية.

إدارة والتغلب على مشاكل الملوحة

يمكن التغلب على مشاكل الملوحة من خلال:

1- خفض تركيز الأملاح إلى تركيز مناسب لنمو النباتات ولعق يناسب المجموع الجذري للمحصول المرغوب في زراعته.

2- خفض مستوى الماء الأرضي إذا كان مرتفعاً إلى عمق مناسب فتركيز الأملاح بالماء الأرضي عادة ما يكون في مستوى ضار ويتذبذب ارتفاعاً وانخفاضاً وقد يسمح بارتفاع الأملاح لأعلى بالخاصية الشعرية بالدرجة التي تضر بالنباتات النامية.

3- خفض نسبة الصوديوم المتبادل بالتخلص منه وإحلاله بالكالسيوم بإضافة الجبس الزراعي وإزالة العامل المسبب للقلوية سواء كان الصوديوم المتبادل أو كربونات الصوديوم.

4- استعمال مياه جيدة النوعية لتلافي تدهور الأرض.

5- حماية الأرض تحت الاستزراع من عودة التملح.

وأيضاً تتأثر النباتات في التربة الملحية نتيجة التأثير النوعي السائد في التربة علاوة على أن النباتات لا تستطيع أن تأخذ حاجتها من الكالسيوم والمغنيسيوم في الأراضي القلوية لانخفاض تركيزها وذلك لميادة الصوديوم فيها ويفضل زراعتها بالمحاصيل التالية بالترتيب حسب درجة التحمل للملوحة كالتالي:

*السنة الأولى في الشتاء برسيم وشعير وفي الصيف أرز وذرة رفيعة

*السنة الثانية في الشتاء قمح وبرسيم وصيفا أرز و قطن .

*في السنة الثالثة شتاءا برسيم وقمح وفي الصيف قطن و ذرة.

ومن الامر الذى وجب عليه التنبيه انه لابد من غسيل التربة بالمياه لتقليل تركيز الاملاح فى التربة وفقد هذه الاملاح مع ماء الصرف، ولا بد من استخدام مياه للرى منخفضه الملوحة بحيث لا تتعدى الملوحة بالماء اكثر من 600 جزء بالمليون او اقل، ومن المفضل ان تروى هذه الاراضى فى بدايه الامر بطريقه الغمر ففضل هذه الطريقه لغسيل اكبر جزء يمكن غسله من الاملاح وفقدائها نهائيا مع مياه الصرف ومن الخطأ ان تكون الاراضى تحت الإستصلاح بها املاح عاليه ويتبع فيها نظام الرى بالتنقيط فى البدايه حيث يقوم الرى بهذه الطريقه بطرد الاملاح بعيدا عن منطقه انتشار الجذور فقط دون طردها نهائيا.

وقد قسمت الاراضى الملحية على أساس درجة ملوحتها معبرا عنها بالتوصيل الكهربى (EC_e) لمستخلص العجينه المشبعة الى الأقسام الآتية:

جدول (8): تقسيم الأراضي الملحية على أساس درجة ملوحتها

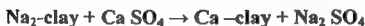
القسم	تأثير الأملاح	قيمة الـ EC_e (دسم/م)
1	أرض لا تحدث أي ضرر للنباتات	أقل من 2
2	أرض يحدث فيها ضرر للنباتات الحساسة للأملاح	2-4
3	أرض يحدث فيها تأثير على معظم النباتات	4-8
4	أرض لا ينمو فيها سوى النباتات المقاومة للأملاح	8-16
5	أرض لا ينمو فيها سوى النباتات شديدة المقاومة للأملاح	أعلى من 16

استصلاح الأراضي الصودية و الأراضي الملحية الصودية :

- تتميز الأراضي القلوية فيزيائياً بخواص رديئة حيث أنها ضعيفة النفذية للمياه وسئلة التهوية نظراً لتفرق الحبيبات واحتفاظها بالماء ولذلك فهي بيئة رديئة لنمو النبات أو غير مناسبة لهذا الغرض.
- وتتميز الأراضي الملحية الصودية باحتوائها على تركيز مرتفع من الأملاح وتشكل أملاح الصوديوم نسبة عالية منها كما أن نسبة الصوديوم المتبادل بهذه الأراضي اكبر من 15 % ولا يزيد رقم الـ pH هنا عن 8.5.

- وغسيل الأرض الصودية غير الملحية بالماء فقط لا يكفي عادة لخفض الصوديوم المتبادل وذلك لسوء النفاذية لمرور المياه ولاارتفاع رقم الحموضة (pH) الأمر الذى يصعب معه وجود الكالسيوم ذائبا حيث يكون نوبان.
- كربونات الكالسيوم فى pH المرتفع ضئيلا جدا كما يساعد ايضا على ذلك تواجد كربونات الصوديوم والتي تقلل أيضا من نوبان كربونات الكالسيوم.
- وفى حالة عدم احتواء الأرض الملحية الصودية على كربونات أو كبريتات الكالسيوم فإن غسيلها بالماء دون إمدادها بمصدر لأيونات الكالسيوم لا يكفي لخفض الصوديوم المتبادل بها.
- وعادة ما يتم فى حالة الأراضي الملحية الصودية والأراضى الصودية غير الملحية الخالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم اضافة أحد أملاح الكالسيوم كمصدر مباشر للكالسيوم أو إضافة بعض المواد التى توفر الكالسيوم للأرض بطريقة غير مباشرة. وعادة ما يستخدم أحد الأملاح الآتية كمصدر مباشر للكالسيوم: كربونات الكالسيوم - ايدروكسيد الكالسيوم - كلوريد الكالسيوم - كبريتات الكالسيوم (الجبس الزراعى). كذلك قد يضاف مواد تعمل على توفر الكالسيوم بطريقة غير مباشرة مثل: اضافة الاحماض أو مواد تنتج حموضة تتفاعل مع كربونات الكالسيوم الموجودة فى الأرض طبيعيا معطية أيونات الكالسيوم التى تحل محل الصوديوم على معقد الامصاص وتطرده ليغسل بمياه الغسيل والرى.ومن المواد المستخدمة لهذا الغرض :حامض الكبريتيك - حامض الهيدروكلوريك - كبريتات الحديد - الكبريت - الكثير من الأسمدة الحامضية التأثير.

ويتم التفاعل على الصورة :



حيث تحل أيونات Ca (من الجبس) محل أيونات Na على سطح حبيبات الطين وتغسل أملاح الصوديوم (كبريتات الصوديوم) مع مياه الصرف وتحسن بذلك ظروف الأرض الطبيعية.

- ولأنك أنه تحت الظروف المصرية واقتصاديات استعمال مثل هذه المصادر لاصلاح الأراضي القلوية فإن الجبس الزراعى أصلحها لتوفره وتكلفته الاقتصادية البسيطة. كذلك فإن اضافة كميات كبيرة من المواد العضوية الى الأرض وخلطها بالحرث ثم الرى يبدأ تحلل هذه المواد ويكون ثنائى اكسيد الكربون الناتج فى الأرض حامض كربونيك مع الماء يذيب كربونات الكالسيوم المتواجدة فى الأرض مكونه بيكربونات الكالسيوم التى تمد الوسط بالكالسيوم الذى يحل محل الصوديوم على أسطح التبادل فى الأرض.

حساب الاحتياجات الجبسية :

يقصد بالاحتياجات الجبسية كمية الجبس الزراعى ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) معبرا عنها بالطن / فدان واللازمة لخفض نسبة الصوديوم المتبادل الى قيم مرغوبة . (اقل من 15 %) ويتم ذلك بحساب كمية الكالسيوم اللازمة لتحل محل الصوديوم المتبادل بعمق محدد فى الارض . ثم حساب كمية الكالسيوم اللازمة لهذه العملية فى صورة جبس زراعى (افضل مصلحات الارض القلوية توفرا وسعرا) .

ولحساب ذلك فانه يجب أن يكون معلوما القيم الأتية و التى تتناسب كثيرا مع الظروف المحلية ، فانه يمكن استخدام النتيجة المتحصل عليها كقيم تقريبية والقياس عليها بالتناسب إذا ما اختلف أحد الحدود ، فإذا ما كان :

- العمق المراد التخلص من الصوديوم المتبادل فيه أو خفضه 20 سم.
- الصوديوم المتبادل المراد التخلص منه محسوبا على أساس ملليمكافى / 100 جرام ارض.

- الكثافة الظاهرية للأرض 1.3 جم / سم³ (1300 كجم / م³) .
- نقارة الجبس المستخدم 85 % .

فلن:

الاحتياجات الجبسية معبرا عنها بالطن جيس / فدان / 20 سم = الصوديوم
المتبادل المراد التخلص منه معبرا عنه بالمليمكافى / 100 جرام أرض.

أمثلة للمحاصيل المتحملة للملوحة:

1- محصول الخضر المتحملة للملوحة هي:

الخرشوف - الكرنب - القرنبيط - البصل - الكرنب الاحمر المخصص للسلطة -
الفجل - السبانخ - الباذنجان - الجرجير - الهليون (الاسبرجس) - الكزبرة -
الفلفل
الكتلوبي

2- المحاصيل الحقلية المتحملة للملوحة هي : الشعير - القمح - الذرة - الارز -
القطن - عباد الشمس - السمسم - الكتان.

2- محاصيل العلف المتحملة للملوحة هي:

السورجم - البرسيم الحجازى - بنجر العلف - السببان - اكاسا سلجنا - الدخن -
الرودمس

اشجار الفاكهة المتحملة للملوحة هي : النخيل - الرمان - الزيتون - الخروب -
التين - العنب - التين الشوكى.

3- النباتات الطبية والعطرية المتحملة للملوحة هي : الكراوية - الكزبرة -
الكمون - الثمر (الفونكيا) - البردقوش - الشيح بابونج - الزعتر - الحنظل

تقسيم المحاصيل حسب درجة تحملها للملوحة:

1. المحاصيل التي تتحمل الملوحة ومنها الآتى:
النخيل والمباتخ والبنجر فى فترة حياته الاولى والقطن والشعير والموز.
- 2- محاصيل متوسطة التحمل للملوحة مثل: التين والزيتون والخب والطماطم والقمح والذرة والبصل.
- 3- المحاصيل الحساسة للملوحة والتي لا تتحملها باى حال من الاحوال مثل:
الكمثرى والتفاح والمشمش والليمون والفاصوليا والبقول.

الأراضي الرملية Sandy soil

الأراضي الرملية هي الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من حبيبات الرمل المنفردة بأقطارها المختلفة (0.5 - 2) مم والمكونة أساساً من الكوارتز والتي تصل نسبته إلى أكثر من 85%.

وتتكون هذه الأراضي تحت ظروف المناخ الحار الجاف ، وقد تتعرض لعواصف متقطعة ممطرة لفترات قصيرة تعمل على ترطيب طبقة محددة من القطاع الأرضي وتؤدي هذه الظروف إلى تواجد كل من الجبس و / أو كربونات الكالسيوم في تجمعات على أعماق مختلفة داخل القطاع الأرضي . والتي تتناسب طردياً مع كمية مياه الأمطار المحددة التي تتخلل طبقات التربة والتي تتوقف أيضاً على درجة مسامية الطبقات السطحية للتربة.

الخواص الطبيعية للأراضي الرملية:

بما أن الأراضي الرملية تحتوي على أكثر من 85 % من حبيبات الرمل

المنفردة لذلك فهي:

1. عديمة البناء.
2. سريعة النفذية.
3. جيدة التهوية.
- 4 -إنخفاض قدرتها على الاحتفاظ بالماء.
- 5 -قلة النشاط السطحي.
- 6 -قلة سعتها التبادلية.
- 7 -فقرها في المادة العضوية.
- 8 -فقرها في محتواها من الحبيبات الناعمة ولذلك فهي عديمة البناء.

ومن الخواص الطبيعية المهمة في تحديد طبيعة هذه الأراضي:

١- الكثافة الظاهرية:

تتراوح من 1.55-1.80 جرام / سم^٣ وهذه الكثافة لها علاقة بالمسامية الكلية والتي تبلغ (32-42%) وهي أقل من الموجود في الأراضي الطينية. ونجد أن توزيع المسام أهم من 'المسامية الكلية' (حجم المسام ، إنتظامها) فالأراضي الرملية تحتوي على نسبة كبيرة من المسام الواسعة التي تساعد على جودة التهوية والصرف السريع وخفض في السعة التشيعية المائية.

2- مساحة السطح النوعي

نجد أن السطح النوعي للأراضي الرملية أقل بكثير من الأراضي الطينية والأرقام التالية تبين الأسطح النوعية لأقطار حبيبات التربة المختلفة .

3- الخواص الرطوبية

السعة الحقلية للأراضي الرملية تتراوح من 8-12% ونقطة الذبول من 4-6% والماء الميسر من 4-5% ومن هذه الأرقام نجد أن الأراضي الرملية ذات محتوى منخفض من الرطوبة وهذا ناتج عن فقرها في الحبيبات الناعمة ، وأن المسافات البينية الواسعة هي السائدة.

4- سرعة الرش

معدل رش الأراضي الرملية يتراوح 2.5-25 / ساعة وهو قدر سرعة رش الأراضي الطينية 250 مرة (من 0.01 – 0.1 سم / ساعة).

5- كربونات الكالسيوم

تتراوح نسبة كربونات الكالسيوم في الأراضي الرملية من صفر - 90 % وكربونات الكالسيوم تدخل في حجم أقطار حبيبات الرمل الخشن والناعم ، لذا يدخل

في نطاق الأراضي الرملية والأراضي الجيرية الخشنة والتي لا تظهر خواص كربونات الكالسيوم فيها.

6- اللون

يتراوح لون الأراضي الرملية من الأبيض إلى الأصفر إلى الأحمر البني وهذا حسب أكاسيد الحديد ونوعها ، فمثلاً اللون الأصفر يأتي من أكاسيد الليمونيت ، والأحمر - البني يأتيان من خليط أكاسيد الحديد الحمراء ، والسوداء (الهيماتيت والمجناتيت).

الخواص الكيماوية للأراضي الرملية:

كما سبق فإن الأراضي الرملية تحتوي على أكثر من 85 % من حبيبات الرمل المنفردة والمكونة أساساً من الكوارتز ، الفلسبارات الخاملة كيميائياً حيث أن هذه المعادن أولية ومتعادلة كهربياً وشديدة المقاومة للإتحلال ، وذات نشاط سطحي ضعيف ، إلا أن إحتواء هذه الأراضي على نسبة السلت ، الطين تتراوح من 10 - 15 % أدى إلى ظهور بعض النشاط الكيماوي لها وزيادة السعة التبادلية من 5 - 10 ملليمكاف / 100 جرام تربة مما يحسن من خواص هذه الأراضي ، وهذه الأراضي تميل إلى القاعدية ، وقد يصل رقم الحموضة بها إلى 9.5 ويتوقف ذلك على نوعية الأملاح وتركيزها في محلول التربة فتتخفّض تركيز الأملاح يساعد على رفع قيم حموضة التربة وذلك نتيجة لحدوث تحلل مائي للأملاح الذائبة في التربة. كما أن هذه الأراضي فقيرة في المادة العضوية ، وذلك بسبب ندرة الغطاء النباتي ، والظروف المناخية القياسية (ارتفاع درجة الحرارة - جفاف الجو - ندرة الأمطار) وبذلك فإن هذه الأراضي ضعيفة في محتواها من العناصر الغذائية ، وتتطلب إضافات

كبيرة من الأسمدة العضوية لرفع خصوبتها ، وتحسين خواصها الطبيعية والكيمائية والحيوية وخاصة فى طبقات الخدمة وجعلها صالحة للنبات.

ويمكن أيضاً زيادة المادة العضوية بالتربة باتباع دورات زراعية سليمة وأيضاً قلب المخلفات النباتية والحيوانية مما يساعد على بناء قطاع تربة جيد وخصب وتغييره من اللون الأصفر إلى الداكن.

وتشمل الخواص الكيمائية للأراضى الرملية أيضاً كلا من الملوحة وتأثير التربة والأملاح النوعية ، لذا يمكن تقسيم الأراضى الرملية من ناحية الملوحة إلى:

أ. أراضى غير ملحية (لا تزيد الملوحة الكلية عن 0.2%)

ب. أراضى ملحية (لا تزيد الملوحة الكلية عن 0.5%)

ج. أراضى شديدة الملوحة (والموحة بها أعلى من 1%)

مستوى العناصر الغذائية بالأراضى الرملية:

تنقسم العناصر الغذائية فى التربة إلى:

أ. العناصر الغذائية الكبرى وتشمل (النيتروجين - الفوسفور - البوتاسيوم) وهى التى يحتاجها النبات بكميات كبيرة.

ب. العناصر الغذائية الصغرى وتشمل (الحديد - الزنك - النحاس - المنجنيز)

وعناصر أخرى يحتاجها النبات بكميات قليلة، ولكن عند نقص أحد هذه العناصر فى محلول التربة فإنه يودى إلى ظهور أعراض مرضية على النبات.

العناصر الغذائية الكبرى:

1 - النيتروجين

نلاحظ أن الظروف الجوية السائدة وغير المناسبة لنمو النباتات الطبيعية (

وذلك نتيجة لارتفاع درجة الحرارة - وجفاف الجو - وندرت المطر) أدى إلى فقر هذه

الأراضى فى المادة العضوية فتتراوح من 0.008 - 0.015% وبالتالي فإن

النيتروجين الكلى يتراوح من 0.002 - 0.0085% بالإضافة إلى الفقد الكبير لهذا العنصر عن طريق المياه لذلك يجب إضافة الأسمدة العضوية بكثرة لهذه الأراضي مع الاهتمام بالتسميد الأزوتى.

2 - الفوسفور

الفوسفور الكلى فى الأراضي الرملية لا يتعدى الـ 30 جزء فى المليون والذائب لايزيد عن 5 جزء فى المليون ، لذلك وجد أن الخدمة الجيدة لهذه الأراضي واستخدام الأسمدة العضوية ذات الجودة العالية تساعد على زيادة نشر الفوسفور فى التربة.

3 - البوتاسيوم

البوتاسيوم الكلى فى هذه الأراضي حوالى 5 ملليمكافى / 100 جرام تربة والذائب حوالى 0.25 ملليمكافى / 100 جرام تربة. ولا يحدث فقد يذكر فى البوتاسيوم فى الأراضي الرملية ذات السعة التبادلية من 5 - 10 ملليمكافى / 100 جرام تربة ، وينصح بإضافة البوتاسيوم لمحاصيل الخضر ، والمحاصيل الدرنية ، والسكرية كما ينصح بإضافته مع المحاصيل البقولية.

العناصر الغذائية الصغرى:

الأراضي الرملية فقيرة فى العناصر الغذائية الصغرى بصفة عامة ، وهذه العناصر تشمل الحديد ، المنجنيز ، الزنك ، النحاس وباقي العناصر الصغرى الأخرى وقد تصل فى بعض الأحيان إلى أقل من جزء / مليون وإن أى إضافات سمادية من هذه العناصر لا يستفيد بها النبات حيث أن معظمه يفقد مع مياه الري إلى الطبقات العميقة من القطاع.

- ويراعى عند تسميد هذه الأراضي بالأسمدة المختلفة (الصغرى ، الكبرى) الآتى:
- 1 -إضافة المحسنات الطبيعية (معادن الطين ، الطفلة.....) وخطها بالمواد العضوية والسماد البادى إلى الطبقة السطحية للتربة (20 سم) وذلك لحماية الأسمدة المضافة من الفقد.
 - 2 -العمل على تحسين قوام هذه الأراضي بإضافة المحسنات المختلفة وقلب المخلفات النباتية بها.
 - 3 -رش أسمدة العناصر الصغرى وبعض الأسمدة الأخرى التى تفقد سواء بالذيل أو التثبيت على أوراق النبات ، وفى الأطوار التى يحتاجها النبات فى بناء أنسجته أو تكوين ثماره.
 - 4 -إستخدام الأسمدة بطينة التحليل ، وذلك بإستخدام الأسمدة الأزوتية بطينة الذوبان مثل اليوريا فورمالدهيدأو السلفا يوريا ... إلخ.
 - 5 -إضافة الأسمدة الفوسفاتية لهذه الأراضي على دفعات ويجوار الجذور.
 - 6 -إستعمال صور الأزوت الحامضية (سلفات النشادر) بدلا من الصور الأخرى وخاصة اليوريا
- والتي تؤدى إلى ارتفاع رقم حموضة التربة ، وزيادة أكسيد النيتروز حول جذور النباتات ، وقد لوحظ أن إضافة الجبس الزراعى أدى إلى تحسين الآثار السينة السابقة
- تحسين واستغلال الأراضي الرملية**
- عمليات التحسين تشمل تحويل الصفات غير المرغوبة فى الأراضي الرملية إلى الصفات المقبولة والتي تساعد على النمو الجيد للنبات ، والمعروف أن الصفات غير المرغوبة فى الأراضي الرملية هى:

- 1 -عدم إستواء الطبقة السطحية لها ، وقد نضطر لزراعتها كما هى وذلك باستخدام نظم الري الحديثة (الرش ، التتقيط ، تحت السطحي).
 - 2 -القطاع الأرضى قد يكون سطحياً وغير عميق فلا يناسب زراعة كثير من المحاصيل التى تحتاج إلى قطاع عميق لحركة الجذور.
 - 3 -إحتوائها على نسبة عالية من الأملاح الذائبة والشححة الذوبان والتى قد تضر النباتات وكذلك ظهور بعض العناصر السامة كالبيرون ، والسيلينيوم.
 - 4 -إنخفاض السعة التشبعية (درجةإحتفاظها بالرطوبة) وذلك لزيادة حبيبات الرمل المنفردة والمكونة أساساً من الكوارتز والفلمبيارات ، ساعد ذلك على إنعدام البناء الأرضى لها.
 - 5 -إنخفاض محتواها من العناصر الغذائية والمادة العضوية وإنخفاض محتواها الميكروبي.
 - 6 -وجود الأفق الذى تؤثر على حركة المياه رأسياً مثل الأفق الجيرية والجسمية والطينية وغيرها وذلك نتيجة زيادة صلابة وتماسك هذه الأفاق.
 - 7 -عدم صلاحية المياه الجوفية (تعتبر مصدراً هاماً من مصادر مياه الري) كما ونوعاً للرى فى معظم الأحوال.
- لذلك قبل البدء فى إستغلال هذه الأراضى يجب تحديد النقاط الواجب مراعاتها وهى:
- 1 حراسة التربة من الناحية الكيماوية ، الطبيعية وذلك لتحديد نسبة الأملاح ونوعيتها ودراسة قوام ونفاذية التربة وذلك لتحديد نظم الري المناسبة ، وحساب الإحتياجات المائية للمحاصيل التى سوف يتم إختيارها.
 - 2 -تحديد مدى صلاحية المياه المستخدمة فى رى هذه الأراضى وتحديد المحاصيل المناسبة تبعاً لملائمة هذه المياه.

3 - الإهتمام بنظم التسميد المناسبة لهذه الأراضى وطرق إضافتها ومواعيد الإضافة حرصاً على عدم فقدانها . كما يراعى استعمال الأسمدة بطيئة الذوبان.

4 -إضافة العناصر الغذائية الصغرى عن طريق التسميد الورقى وذلك لعدم فقدانها وتثبيتها فى حالة إضافتها للتربة.

5 -العمل على تحسين قوام هذه الأراضى بإضافة المحسنات الطبيعية والصناعية مثل الطفلة ، الأسمدة العضوية ، المعادن الطينية ، والمحسنات الصناعية . وذلك لرفع قدرة هذه الأراضى على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية ورفع درجة خصوبتها.

التوصيات الخاصة بتحسين واستغلال الأراضى:

1 -التسميد العضوى:

وجد أن الكمية المناسبة من السماد العضوى للقدان هى من 30-40 م³ وذلك حسب نوع السماد نفسه والمحصول الذى سوف يتم زراعته . وقد وجد أن طرق الإضافة تختلف فهي إما أن تكون نثراً على السطح وذلك فى حالة زراعة المحاصيل الكثيفة مثل البرسيم ، القمح ، والشعير وفى باطن الخطوط وذلك عند زراعة الخضر بأنواعها والذرة والبقوليات ، ومن الدراسات على إضافة هذه الأسمدة لوحظ زيادة إنتاج المحاصيل السابقة بحوالى 160 % وقد وجد أن التسميد العضوى والكىماوى أعطى نتائج طيبة عن استخدام الأسمدة الكىماوية منفردة.

2- إضافة المحسنات:

المحسنات إما أن تكون ذات حبيبات ناعمة جداً وغروية أو أن تكون طبيعية مثل الطفلة والمعادن الطينية أو صناعية مثل المواد العضوية صناعية . والمواد العضوية الصناعية هى مواد يتم تصنيعها من النواتج البترولية وتقوم بحفظ المياه بنسبة تصل إلى مئات المرات من حجمها وهى تضاف بنسبة قليلة (حوالى 1 جم /

كجم تربة) وتقوم هذه المحسنات بزيادة تكوين بناء الأراضى الرملية وأيضاً زيادة الاحتفاظ بالرطوبة والعناصر الغذائية وتسهيل عمليات الخدمة المختلفة.

3- التحكم فى مياه الري:

وذلك من حيث الكمية والفترة بين الريات وإيجاد نظم ري ملائمة لهذه الأراضى مثل الرش ، التتقيط الري التحت السطحي.

4 منع البخر من السطح:

وذلك باستخدام أغشية من البلاستيك على السطح لمنع أو تقليل تبخر المياه وأيضاً تمنع تزهير الأملاح على السطح ونمو الحشائش.

وقد استخدمت طرق ومواد تقلل البخر أو تمنعه مثل:

* حرث الطبقة السطحية لتكسير الخاصية الشعرية للتربة.

* وضع طبقة من الحصى أو الزلط الصغير حول الأشجار على السطح أو تحته مباشرة.

* خلط البقايا النباتية بالطبقة السطحية أو تغطيتها بهذه البقايا مثل قش الأرز أو التبن.

* استخدام نوعيات من الأسمدة الكيميائية الملائمة لمثل هذه الأراضى وهى:

أسمدة الرش:

وهى اليوريا على هيئة محلول يرش على أجزاء النبات، ويحتاج الفدان من 5

-10 كجم للمعاملة الواحدة وهى سهلة الإمتصاص عن طريق ثغور الأوراق ونجد أن

نصف هذه الكمية يمتص خلال من 1-6 ساعات.

الأسمدة بطيئة التحليل:

وذلك باستخدام اليوريا بطيئة التحلل المغطاه بمواد مختلفة يجعل ذوبانها بطيئاً

مثل اليوريافورمالدهايد ووضع الأسمدة فى كبسولات شبيهة منفذة.

5- زراعة مصدات الرياح:

مثل الكازورينا - الماهوجنى - الكيا فى الجهات البحرية والغربية على صفيين بينهما مسافة 1- 1.5 م وعلى هيئة رجل غراب.

6 - الإستغلال الجيد للأرض والماء:

يجب استغلال الأرض إستغلال أمثل مع وضع الدورات الزراعية الملائمة أما من ناحية المياه فيجب دراسة صلاحية وجودة المياه ونوع الأملاح والعناصر بها ومدى صلاحيتها لرى هذه الأراضى ومدى ملائمة المحاصيل التى يتم إختيارها على أساس ذلك.

طرق الرى ومدى ملائمتها للأراضى الرملية:

1 - الرى السطحى:

عموما لا يناسب الرى السطحى بنظمه المختلفة (الحوض - الخطوط - الشرائح - المصاطب) الأراضى الرملية. فالتفانية العالية وإنخفاض المحتوى المائى لهذه الأراضى يجعلنا لا نستطيع التحكم فى كميات المياه المضافة وتكون كفاءة الرى السطحى فى هذه الأراضى حوالى 50 % ، حيث أن الأجزاء البعيدة عن فتحة الرى لا تأخذ كفايتها من المياه فى حين أن الأجزاء القريبة تأخذ أكثر من اللازم وأيضاً من ناحية العناصر الغذائية فتتبع نفس التوزيع السابق وعموما لا ينصح تحت هذه الظروف باتباع نظم الرى السطحى فى الأراضى الرملية. ولكن فى حالات خاصة ينصح بالرى السطحى وهو إذا كانت ملوحة مياه الرى أعلى من 3000 جزء / مليون فهذا يحتاج إلى معدلات غسيل عالية لإزالة ما قد يتراكم من أملاح حول النباتات ، وإبعادها عن منطقة الجذور ، وفى هذه الحالة ينصح بعمل أحواض لا تزيد مساحتها عن 10 - 20 م وإنشاء قنوات بامتداد هذه الأحواض وأن يكون أمام كل حوض فتحة

أو ماسورة تعمل بالسيفون ويمكن تحويل هذه القنوات إلى مواسير ذات فتحات أمام كل حوض وتفتح وتغلق أوتوماتيكياً . وفي كل هذه الحالات يجب أن يكون مستوى الماء الأرضي بعيداً بالقدر الكافي عن منطقة الجذور.

2 -الرى بالرش:

نظام الرى بالرش هو ضخ الماء خلال مواسير تحت ضغط ، وبذلك يكون الفقد قليلاً ولكن الأهم من هذا هو كيفية توزيع حجم صغير من المياه على مساحة كبيرة من الأرض توزيعاً منتظماً . ويمكن استخدام هذا النظام بنجاح ، وخاصة عند استعمال مياه ذات جودة عالية ، فى معظم المحاصيل سواء أكانت سطحية الجذور أو متعمقة وإستعمال نظام الزراعة على خطوط أو سطور أو شرائح . ويجب أن يؤخذ فى الإعتبار عند تصميم هذه النظم نفائية الأرض ، والسعة التشبيعية ، نسبة الأملاح فى التربة والماء .

والمساحة بين الرشاشات والماء تكون على أبعاد مختلفة حسب ضغط المياه . وتصرف الرشاش نفسه وأيضاً قوام التربة والمسافة المعمول 12×12 م أو 18×18 م أو 24×24 م وهذا يتوقف أيضاً

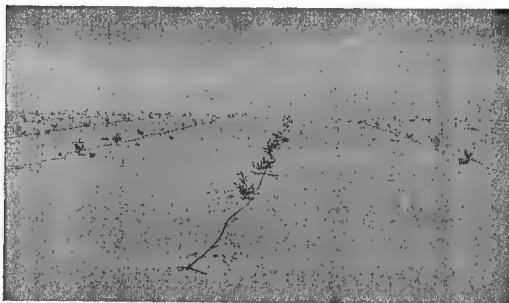
على ظروف مناخ المنطقة (حرارة - رياح - رطوبة) ففي المناطق ذات الرياح العاصفة يتبع نظام 12×12 م . وإن نظم الرى الثابتة أفضل بكثير من النظم المتنقلة حيث أن النظام الثابت يقلل من التكلفة والعمالة.

ويجب أن يؤخذ فى الإعتبار سرعة الرياح وذلك عند حساب كمية المياه والفترة بين الريات ، وفي المناطق العاصفة يجب زراعة مصدات الرياح حيث تقلل من الأثر السيئ لها ويمكن الرى 12 ساعة / يومياً . والضغط الإقتصادى للمياه وهى من 2 - 3 بار ، ويوجد الآن أنظمة رى بالرش مبرمجة بأجهزة الكمبيوتر حيث أنه يمكن للفرد

الواحد أن يقوم برى مساحات كبيرة من الأرض وذلك ببرمجة المعدات الخاصة بالرى من حيث المواعيد والكميات والإتجاهات وخلافه.

3 -الرى بالتنقيط:

يعتبر الرى بالتنقيط أفضل نظام لرى الأراضى الرملية ، حيث أنه إقتصادي فى كميات مياه الرى وأيضا يمكن إستخدام أنواع من المياه ذات صلاحيات مختلفة ، والشبكة تعمل أساسا على ضغط لا يتجاوز ال 1.5 ض . ج وكفاءة هذا النظام تصل إلى أكثر من 85 % عندما تكون الشبكة مصممة على حساب الضغوط والنفد وإحتياجات المياه للنباتات التى سوف تتم زراعتها ، والسعة الحقلية وقوام التربة.



صوره (1) توضح أشجار الزيتون تروى بالتنقيط فى الكتبان الرملية

الأراضي الجيرية Calcearous Soil

الأرض الجيرية هي التي تحتوي على كمية من كربونات الكالسيوم بمستوى يؤثر بوضوح على خواص التربة وبالتالي على نمو النبات سواء أكانت هذه الخواص طبيعية مثل علاقة التربة بالماء ، وتكوين القشرة الصلبة على السطح ، أو كيميائية مثل تأثيرها على صلاحية بعض العناصر الغذائية ، والأراضي الجيرية هي التي تحتوي على أكثر من 10 % من كربونات الكالسيوم الكلية.

وتتواجد هذه الأراضي تحت الظروف الصحراوية أو تحت ظروف مناخ البحر الأبيض كما هو الحال في مصر . وتصل مساحة الأراضي الجيرية في مصر حوالي 650 ألف فدان ، وهي التي تتواجد أساساً على الشريط الساحلي الغربي لحوض البحر المتوسط . ومعظم عمليات الإستصلاح تتجه لهذه الأراضي لسرعة إستجابتها لعمليات الإستزراع والتحسين.



صوره (2) توضح محاصيل علف تروى بالرش في أرض جيرية

التركيب المعنى للأراضى الجيرية:

نظراً لأن الهيكل العام لهذه الأراضى يتكون من المادة الجيرية ، فمن المتوقع أن تتوزع فى أحجام حبيبات التربة المختلفة ابتداء من الحصى إلى الطين ، وعليه كان من الضرورى التعرف على المكونات الجيرية سواء التى تواجدت فى أحجام حبيبات التربة أو تجمعاتها المختلفة ، حيث أن ذلك يساعد على وضع الخطة الإستراتيجية لخدمة وإستزراع هذه الأراضى ، وتتواجد المادة الجيرية فى القطاع الأراضى إما موزعة على طول عمق القطاع أو متجمعة فى صورة حبيبات متصلبة أو على هيئة عنقيد أو طبقة صماء أو حصى أو حجر جبرى وتتكون المادة الجيرية فى صور مختلفة الذوبان وهذه الصور هى:

- 1 -الكالسيت وله شبيه كيمائى يسمى بالالراجونيت وهى صورة غير ثابتة وذوبانها أعلى قليلاً من ذوبان الكالسيت.
 - 2 -الماغنيسيت ودرجة ذوبانه عشر مرات الكالسيت.
 - 3 -الكالسيت الماغنيسى وهو يتواجد على شواطئ البحار.
 - 4 -الدولوميت وهو أقل كثيراً فى ذوبانه من الكالسيت.
 - 5 -الميدريت وهو عبارة عن كربونات الحديد.
- بالإضافة لما سبق فيوجد أنواع من المعادن الطينية تتواجد أساساً فى هذه الأراضى ومنها الكاولينيت والأتابولجيت وهذا المعدن(الأتابلوجيت) هو الذى يسبب الصلابة الشديدة وتكوين القشرة السطحية للأراضى الجيرية كما أنه يساعد فى تحويل البوتاسيوم إلى صورة غير ميسرة للنبات وقد يكون الكوارتز مختلطاً مع المادة الجيرية.

الخواص الكيميائية لهذه الأراضي:

1 -رقم الحموضة : حيث أن التحلل المائي لكربونات الكالسيوم يرفع درجة الحموضة إلى 10 وذلك عند غياب ثاني أكسيد الكربون . ولكن في حالة وجود ثاني أكسيد الكربون والماء تنخفض الحموضة إلى المستوى العادي للأراضي الجيرية وهى 8.2 – 8.4، أما فى الأراضي الجيرية المغمسية فيرتفع هذا الرقم 9.7 – 9.9.

2 -تحول الفوسفات إلى الصورة غير الذائبة (الراسبة) وذلك لتفاعل أيونات الكربونات مع أيونات الفوسفات وتحولها إلى أيونات فوسفات ثلاثى الكالسيوم غير الذائبة . وبذلك تتعدم الاستفادة منها بواسطة النبات.

3 -ترسيب مركبات الحديد:

تعمل الكربونات على تحويل صور الحديد الذائبة إلى الصور غير الذائبة على هيئة كربونات الحديد (سبيريت) والتي تتحول إلى الصور المؤكسدة.

4 -فقد الأمونيا:

لوحظ أن النباتات المزروعة فى الأراضي الجيرية لا تستجيب للتسميد الأزوتى بالدرجة الكافية عند تسميدها بمساحل سلفات النشادر ، ويرجع السبب فى ذلك إلى تواجد كربونات الكالسيوم والتي تؤدي إلى إرتفاع قلوية التربة . وقد وجد أن رقم الحموضة 8 يؤدي إلى فقدان 5 % من النشادر المضاف فى صورة سداية وترتفع هذه النسبة إلى 40 % عند رقم الحموضة 9.

وعادة ما يستخدم مساحل سلفات الأمونيوم كمصدر للنيتروجين فى تسميد الأراضي الجيرية حيث أن أملاح النترات سهلة الذوبان وبالتالي سهلة الفقد مع مياه الصرف . ويتعرض جزء من النيتروجين فى سلفات الأمونيوم للفقد بالتطاير نتيجة لتفاعل سلفات الأمونيوم مع كربونات الكالسيوم على النحو التالى :

ثم يحدث تحلل لكاربونات الأمونيوم $\text{CO}_3 (\text{NH}_4)_2$ إلى NH_3 (غاز) و CO_2 , H_2O .

5- تكوين القشرة الصلبة السطحية:

القشرة السطحية هي طبقة لا يتعدى سمكها عدة سنتيمترات مكونة من حبيبات ناعمة مفككة بفعل عوامل عديدة ، ثم تصلبت عند الجفاف نتيجة لالتصاق الحبيبات الناعمة بعضها ببعض يقوي فيزيائية وكيميائية ويتحكم في تكوينها نوعية المعادن السائدة ونوع الأملاح بالتربة ودرجة تركيزها وملوحة مياه الري وتزداد شدة تماسكها بتكرار الترطيب والتجفيف ، وأيضاً تواجـد نوع معين من معادن الطين وهو الأتابلوجيت الليفى الشكل الذى يودى إلى تصلب القشرة . وأيضاً نظام الري بالرش يساعد على تكوين هذه القشرة الصلبة.

كيفية التغلب على هذه القشرة:

يمكن التغلب عليها بعدة طرق منها:

- 1- استخدام مياه ذات ملوحة لا تزيد عن 130 جزء / مليون وأن يكون تركيز أيونات البيكربونات بها أقل من تركيز الكالسيوم + الماغنسيوم وعدم ترك الأرض للجفاف الشديد.
- 2- استعمال مركبات كيميائية تعمل على تقليل النشاط السطحي لحبيبات الكربونات وتكوين طبقة عازلة بين حبيباتها منها حمض الفوسفوريك ، وحمض الكبريتيك والجبس الزراعى الحامضى.
- 3- استعمال المحسنات المختلفة سواء الطبيعية منها أو الصناعية.

4 -تعتبر المادة العضوية والأسمدة العضوية أنجح المواد التي تعمل على منع تكوين هذه القشرة ولذلك ينصح بقلب المخلفات النباتية دائماً وأن تحتوى التربة على رطوبة مناسبة لنمو المحصول.

التوصيات الخاصة بتحسين وإستدراع الأراضي الجيرية:

1 -علاج القشرة التي تتكون على السطح فى هذه الأراضى نظراً لما لها من أثر فى إعاقة عمليات الخدمة الزراعية حيث أن لها قوة ميكانيكية تقاوم ظهور البادرات وكذلك أثرها الضار على سيقان النباتات النامية حيث يختلف سمك هذه القشور من سنتيمترات إلى عمق كبير.

2 -تلعب الكربونات دوراً هاماً وأساسياً فى تحول صور العناصر الغذائية الصالحة إلى الصور غير الصالحة للنبات وبذلك تظهر على النباتات أعراض نقص هذه العناصر . لذلك يجب التحكم فى كميات مياه الري للإقلال من نشاط الكربونات مع إضافة المحسنات الطبيعية ذات الأثر الحامضى بالإضافة إلى إضافة الأحماض المختلفة (حمض فوسفوريك - حمض الكبريتيك) مع مياه الري.

ويستحسن إضافة العناصر الغذائية المختلفة رشاً على سطوح النباتات ، وأن تكون فى صور مخلبية وخاصة عناصر الحديد ، الزنك ، المنجنيز ، النحاس وإضافة الصور النيتروجينية غير النشادرية لعدم فقدتها كما يمكن إضافة الفوسفور رشاً على النباتات ، وتقوم الأحماض التى تفرزها جذور النباتات بإذابته العناصر الغذائية وتحويلها إلى صور صالحة للإمتصاص.

3 -إن عمليات إستصلاح الأراضي الجيرية لا تهدف عادة إلى خفض نسبة كربونات الكالسيوم أو خفض نسبة حموضة التربة ، بل تشمل عادة إستعمال بعض المركبات ذات التأثير الحامضى مثل الكبريت الزراعى. الأسمدة المختلفة الحامضية وأيضاً إضافة المواد العضوية حيث أنها وسيلة من وسائل تحسين الأرض.

كما يتم إختيار المحاصيل التي توجد فى هذه الأراضى ومن أمثلتها:

- 1 -المحاصيل الحقلية - : القمح الشعير - الذرة - البقول
- 2 -محاصيل خضر : الطماطم - الباذنجان - الفلفل - الكوسة - البطيخ.
- 3 -أشجار الفاكهة : الزيتون - التين - اللوز - الكروم - الخوخ - الكمثرى - الرمان - النخيل.

الأراضي الجبسية (Gypsiferous Soils)

تعرف الأراضي الجبسية بأنها الأراضي التي تحتوي أفق تجمع للجبس أو الجبس وكربونات الكالسيوم بأي سمك خلال الـ 150 سم العليا من القطاع (أي حتى عمق 150 سم). وقد يكون أفق الجبس في صورة حبيبات ناعمة (بودرة) أو بللورية أو يكون الأفق صلباً نتيجة لتداخل الجبس المتكون ثانوياً (يرسب مكانه) متداخلاً مع كربونات الكالسيوم وكذلك إذا تواجد أو. كما تعرف أيضاً الأراضي الجيرية بأنها الأرضي المحتوية على كميات من الجبس كافية للتأثر على نمو النبات.

ويعرف أفق الجبس Gypsic horizon بأنه أفق ترسيبي يتجمع فيه الجبس المتكون ثانوياً بكميات مؤثرة وتتميز هذه الأفق بأنه يكون بسمك 15 سم أو أكثر ، وأنه غير متصلب ويحتوي على 5 % جبس على الأقل مرئية بالعين المجردة. والأفق الجبس الجيولوجي يكون دائماً أفق جبس متصلب وكتلي صلب الأجزاء الجافة لا تشرب الماء ولا يسمح بمرور الجذور به وعادة ما يكون محتوى هذا الأفق من الجبس عالياً جداً يزيد عادة عن 60 %.

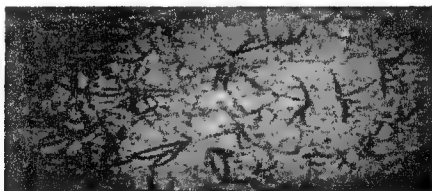
إستصلاح الأراضي الجبسية

مفتاح إستصلاح الأراضي الجبسية هو غسيل الجبس الزراعي، قد أوضحت التجارب التطبيقية في الحقل أن إضافة فوسفات وكربونات الأمونيوم مع كميات صغيرة من السماد البلدي أدت إلى زيادة كفاءة غسيل الجبس وإزاحته إلى طبقات أسفل 20 سم في العمق ، في حين أدى استخدام كربونات الأمونيوم إلى عدم تجمع الجبس تحت هذا العمق.

ويستجيب العديد من المحاصيل - خصوصا البقوليات- للتسميد بالمبيدات للأرضي الجبسية، كما أن للتسميد باليوتاسيوم والعناصر الدقيقة أثرا فعال في هذه الأراضي. وعامتا لم يذكر أن الجبس سام على النبات، ولو أن النباتات النامية في أراضي غنية بالجبس تعاني من العطش عادة.

الأراضي الطفلية

تعتبر الطفلة إصطلاح عربي يطلق على الرواسب الطينية المتماسكة بصفة عامة والتي من الوجهة الجيولوجية تضم عدة أنواع ، منها الحجر الطيني ، الحجر الطمي ، الحجر السلتى وهى أحجار كتلية متماسكة قد تتواجد بالقرب من سطح الأرض كما تظهر بصفة رئيسية فى المناطق المحيطة بالودى والدلتا. أما إذا تواجدت على أعماق مختلفة فى باطن الأرض وكانت متصلة وذات تكوين طبيعى فإنها تسمى Shales وتتواجد الأراضي الطفلية فى أنحاء كثيرة فى صحارى مصر وعلى طول امتداد الوجه القبلى من الناحيتين الشرقية والغربية وأيضا فى أماكن مختلفة فى شبه جزيرة سيناء ، وسلاسل جبال البحر الأحمر الرسوبية. ومن الدراسات المختلفة التى قامت بها هيئات عديدة على الطفلة تبين أن الخواص



الأراضي الطفلية بواحة الغردقة

الطبيعية والكيميائية لرواسب الطفلة لا تصلح للزراعة بها مباشرة فى كثير من الأحيان لأنها تعتبر وسطاً غير ملائم للإنبات ، والسبب فى ذلك النسبة العالية من الطين ذى الخواص المختلفة. والتمدد والإنتفاخ والإحتفاظ بالرطوبة وأيضاً وجود المواد اللاصقة من أكسيد الحديد ، الجبس وكربونات الكالسيوم وأيضاً لاحتوائها على نسبة عالية من ملح كلوريد الصوديوم بالإضافة لذلك فإن نفاذيتها شبه منعدمة .

ومن المشاهد أنه بظهور الطفلة على هيئة عروق أو ترسيمات فى الأراضى المستصلحة الجديدة كما فى شرق البحيرات والإسماعيلية ، ووادى الفارغ والخطاطبة فإنها تسبب أضراراً على كل من التربة والنبات ، كما أنها تتسبب فى عدم إنتظام مياه الري نتيجة لإعاقلة حركة أجهزة الري المحورية

وتتميز الطفلة بنشاط سطحها الفعال وإرتفاع مسعتها التبادلية التى تصل إلى 60 ملليمكافى / 100 جرام تربة وتبلغ نسبة الصوديوم المتبادل فى كثير من الأحيان 60 % ويمكن ظهور أثر الصوديوم على النباتات فى تركيزات الملح العالية.

النقاط الواجب توافرها عند إستزراع الأراضى الطفلية:

- 1-إجراء مسح لأماكن الطفلة ومدى إنتشارها سواء بالعمق أو بالإمتداد الأفقى.
- 2-إجراء التحليل الكيماوى لها وذلك لتحديد مستوى تواجد الأملاح الذائبة والجبس ، وكربونات الكالسيوم وأيضاً تقدير نسبة الصوديوم المتبادل بها.
- 3-إجراء التحليل الميكانيكى لها لحساب نسبة الطين والملت.
- 4-تحديد التركيب المعدنى للطفلة لمعرفة نوع معادن الطين السائدة وخواصها.

طرق إستصلاح الأراضي

تتوقف طرق إستصلاح الأراضي عامتا على:

- 1 -التخلص من الأملاح للذائبة.
 - 2 -التخلص من الصوديوم المتبادل.
 - 3 -تحسين الخواص الطبيعية والكيمائية والحيوية.
- ويتضمن هذا عمليات الغسيل والصرف وإضافة المصلحات وزراعة وإختبار المحاصيل التي تتحمل الملوحة وتزويد التربة بالمادة العضوية.
1. غسيل الأملاح:

إن أهم عمليات الإستصلاح هو غسيل الأملاح الموجودة بقطاع التربة وقبل البدء فى عملية الغسيل يجب التأكد من أن شبكة المصارف جيدة وتعمل بكفاءة عالية وميولها مناسبة ولا يوجب بها أى موانع تعوق سير المياه بها. وعندما تكون الأملاح متزهرة على السطح وبكميات كبيرة فالغسيل يكون سطحيا أى تغمر التربة بالمياه ثم تصرف سطحيا ، وتكرر هذه العملية عدة مرات حتى نتأكد من غسيل الأملاح من الطبقة السطحية.

ويمكن فى هذه الحالة زراعة بعض المحاصيل التى تناسب ملوحة التربة على ألا نترك مياه الغسيل مدة كبيرة حول النباتات وخاصة فى الصيف لعدم الإضرار بالنباتات.

وخلال عمليات الغسيل يجب ملاحظة الجسور المحيطة بالأحواض لعدم إنهيارها وخلال عملية الغسيل وفى آخر مراحله يجب إضافة الجبس الزراعى لكي لا تتحول التربة أثناء الغسيل إلى القلوية وأيضاً لكي تكون نفائيتها عالية لمهولة إستكمال عملية الغسيل

2. الصرف:

من الحقائق الهامة والثابتة أن تدهور الخواص الطبيعية والكيمائية للتربة يعزى إلى إرتفاع مستوى الماء الأرضى ، وقد وجد من الأبحاث التى تمت على الأرض المتأثرة بالماء الأرضى وجود علاقة مباشرة بين نوع التلف والتدهور وإرتفاع مستوى الماء الأرضى ، فعندما يكون الماء الأرضى مرتفعاً تتكون الأرضى القلوية السوداء وعندما يكون الماء الأرضى أقل إرتفاعاً تنشأ الأرضى ذات العروق الجبسية ، ولذلك فإن العامل الأساسى فى إستصلاح الأرضى هو المحافظة على أن يكون مستوى الماء الأرضى بعيداً عن منطقة الجذور النباتية . ولا يمكن أن تنجح عمليات الإستصلاح من غسيل أو إضافة مصلحات التربة إلا إذا توافر هذا العامل. ويقصد بالصرف التخلص من الماء الزائد بالتربة ، وتتم هذه العملية عن طريقتين:

1 -الصرف السطحى 2 -الصرف الجوفى.

1 -الصرف السطحى:

ويقصر الصرف السطحى على التخلص من المياه الزائدة من الغسيل دون أن تتخلل المياه قطاع التربة .وتعتبر هذه العملية غسلاً سطحياً وليست صرفاً بالمعنى المعروف وتقتصر هذه العملية على صرف المياه الفائضة فى بعض المحاصيل المائية والتخلص من طبقة الملح التى تكسو سطح الأرضى الملحية فى كثير من الأحيان ، إذ لا يستحب إذابة هذه الأملاح وتخللها التربة عن طريق الصرف الجوفى.

2 -الصرف الجوفى:

يقصد به التخلص من الكميات الزائدة من المياه الموجودة بالطبقات العليا من التربة وذلك بتخللها التربة وخفض مستوى الماء الأرضى والمحافظة على بقاءه بعيداً عن منطقة الجذور النباتية وعدم صعوده نحو سطح التربة محملاً بالأملاح الذائبة التى تضر بالمحصول والتربة عندما تزداد درجة تركيزها.

ومن أهم المزايا التي تتحقق من الصرف الجوفي:

- 1 - التخلص من الأملاح الزائدة.
- 2 - تحتفظ الأراضي التي تتمتع بالصرف برطوبتها أحسن من الأراضي المحرومة من الصرف.
- 3 - لها تأثير جيد على خواص التربة الطبيعية وتحسين بناء التربة.
- 4 - يساعد على زيادة النشاط الحيوي للتربة.

أنواع الصرف الزراعي:

الصرف الزراعي إما طبيعي أو صناعي أو حيوي.

1 - الصرف الطبيعي:

ويتوقف الصرف الطبيعي على عوامل طبيعية ومكان الموقع الذي يتضمن:

1. عمق مصادر المياه كالنهر أو المصاقي أو الترعر.
 2. طوبوغرافية المنطقة من حيث الانحدار والارتفاع والإنخفاض.
 3. تعاقب طبقات التربة
 4. عمق وحركة الماء الأرضي
 5. نوع التربة
 6. نوع نظام الري المستخدم
- ففي الأراضي الرملية التي يستخدم فيها الري بالتنقيط قد لا تحتاج إلى إنشاء شبكة مصارف بل تترك للصرف الطبيعي.

2- الصرف الصناعي:

يعتمد على إنشاء شبكة من المصارف المكشوفة أو المغطاه والفرق بين الصرف الصناعي والطبيعي أن الصرف الصناعي يمهد طريقاً صناعياً للتخلص من الماء الزائد بالتربة والتحكم فيه ، وتجهز الأراضي الزراعية بالمصارف للمحافظة على خصوبة التربة ورفع إنتاجها الزراعى . كما تعتبر الأراضي المحرومة من المصارف مصدر لانتشار الأوبئة والأمراض الطفيلية.

3- الصرف الحيوي:

يقصد به مدى الإستفادة من النشاط الحيوى للنباتات فعلى سبيل المثال يساعد النتج على التخلص من الماء الزائد بالتربة . ويؤثر هذا على خفض مستوى الماء الأرضى وقد إتضح أن الفدان من الأشجار الخشبية يفقد ما يقرب من 3900 م³ مياه عن طريق النتج . وهذا ما يشير إلى الفائدة الكبرى من زراعة الأشجار والنباتات الخضراء عند عمليات الإستصلاح.

المصارف المكشوفة:

تعتبر المصارف المكشوفة أقدم أنواع المصارف وهي الأكثر شيوعاً فى كثير من المناطق ولكن عيوب هذه المصارف هى:

- 1- إستقطاع مساحات كبيرة من الأراضي.
- 2- تعتبر مهذا خصباً لنمو الحشائش والحشرات والأمراض.
- 3- تحتاج إلى تكاليف كبيرة فى تطهيرها سنوياً.
- 4- تحدد من إستعمال الآلات الزراعية الحديثة.

وتعتبر هذه المصارف أساس عمليات الإستصلاح للأراضى الجديدة ، فهى طريقة سريعة للتخلص من الأملاح الذائبة بها . ولكن يجب العناية بتطهير هذه المصارف حتى تكون المياه مستمرة الجريان من الزواريق إلى المصرف الرئيسى ، وأن يكون البعد بين المصرف الحقلى والآخر 25 م والا يزيد طوله عن 100 م.

المصارف المغطاه:

يتم الصرف عن طريق مواسير أسمنتية أو فخارية وحديثا مواسير حلزونية بلاستيكية ويجب أن يكون أقطار المواسير المستعملة مناسبة لتصريف المياه الزائدة الموجودة بالتربة فى مدة لا تزيد عن 24 ساعة. ويجب ألا يقل هذا القطر عن 5 بوصات أما عمق المواسير والبعد بين الخطوط فيتحكم فيها قوام التربة ويمكن القول أن أقل عمق للحقلات هو 90 سم والبعد بينها 20 م.

والجدول التالى يعطى فكرة عن الأبعاد عن الأراضى المختلفة

نوع التربة	سرعة للتفانية	البعد بين الحقلات بالمتر
طينية - طينية طميية	بطيئة جدا	10 - 25 م
ملتية - ملتية طينية	بطيئة	20 - 35 م
صفراء	متوسطة - جيدة	35 - 100 م

ويجب أن نفرق بين وسائل وأغراض الصرف أولا فى الأراضى الغنقة ، وثانيا فى الأراضى الملحية تحت الإستصلاح . ففى حالة الأراضى الغنقة يجب أن يكتل الصرف الأغراض الآتية:

- 1 - التخلص من الماء الزائد.
- 2 - خفض مستوى الماء الأرضى إلى الحد الذى يمنع تلف التربة والضرر بالنباتات.
- 3 - تحسين عوامل التهوية والأكسدة مما يتسبب عنه دفء التربة.

4 -التخلص من ملوحة التربة.

5 -التخلص من كميات وفيرة من الماء السطحي عن طريق مصارف ضخلة متقاربة بينما يتطلب الصرف في الأراضي الملحية تحت الإستصلاح:

1 -التغيير الكلى للملوحة لماء التربة بإنشاء شبكة فعالة من المصارف للتخلص من الماء الأرضى.

2 -خفض مستوى الماء الأرضى دون البعد الحرج.

3. التخلص من أملاح التربة حتى لا تتعدى درجة التركيز عن 0.2 – 0.3%

علاج مشاكل الأراضي الجديدة

1 -القوام:

القوام الخشن يساعد على فقد كل من مياه الري والأسمدة دون أن يستفيد بها النبات . وكذلك يجعل هناك صعوبة في إجراء العمليات الزراعية . لذلك يعالج هذا القوام بإضافة المحسنات مثل الأسمدة العضوية (مخلفات المواشى) كما يضاف بعضها مع أنواع الطفلة ، وهذه الإضافة لا تكون عفوية بل تخضع لدراسة هذه المواد وتحديد كميات الإضافة وطريقة إضافتها . كما يمكن التغلب أيضاً على القوام الخشن بنظام الزراعة وطرق الري الحديثة التى تعطى للنبات كفايته مع عدم الإسراف فى مياه الري.

2 -اختلاف المناخ:

لصعوبة عمليات التسوية على نطاق واسع فى هذه الأراضي واختلاف طبيعة التربة بالعمق (رأسيا)

وبالإمتداد الأفقى ، وخوفاً من ظهور طبقات زلطية أو طبقات غير مرغوبة على السطح ، فينتج نظام التسوية الكونتورية مع إستخدام نظم الري الحديثة التى تحتاج إلى عملية التسوية البسيطة للتربة

3- مصادر مياه الري وكفائتها:

كما سبق فإن المصدر الرئيسى لمياه الري لهذه الأراضي وخاص البعيدة عن
الوادي هي مياه جوفية

لذلك تختلف جودة مياه هذه الأراضي من منطقة لأخرى والعلاج هو إيجاد أنسب
المحاصيل التى تعطى عائداً مجزياً ، أى تطويع نوع المحصول بالنسبة للمياه الجوفية
4. إحتياجات النباتات للأكسوجين

توجد فتحات على جذور النباتات تسمى بالـ " Lenticels " وهى تسمح
ببداول الغازات وينتشر الأكسوجين خلال خلايا الجذور من هذه الفتحات أثناء تنفس
الجذور ويخرج ثانى أكسيد الكربون. وينتج عن التنفس الطاقة التى تلزم النباتات فى
خلال عملية تخليق المركبات إنتقال العناصر المعدنية أو الجزئيات العضوية وفى
عمليات تراكم بعض الأيونات والامتصاص النشط لبعض المغذيات ضد تدرج
تركيزاتها .

ورغم ذلك فإن بعض النباتات مثل الأرز يمكنها النمو فى الوسط المائى نظراً
لتركيبها المورفولوجى الذى يسمح بانتشار الأكسوجين الجوى من مجموعها
الخضرى إلى أسفل إلى أنسجة جذورها . ولكن لإنماء معظم النباتات بنجاح فى
المزارع المائية يستلزم نظام تهوية كافى فى المحاليل التى تنمو فيها الجذور. وتتباين
النباتات كثيراً فى احتياج جذورها من الأكسوجين فهناك نباتات حساسة قد تموت إذا
عرضت جذورها الى تربة مشبعة لمدة يوم وأخرى يمكنها تحمل تشبع التربة بالماء
لفترات طويلة .

وعلى ذلك فوجب أن يتوفر فى الأرض الأكسجين الكافى لعمليات تنفس
الجذور والذى يتجدد فى الهواء الأرضى بعملية التبادل الغازى بين الهواء الجوى
وهواء الأرض. ويساعد على ذلك تفكيك سطح الأرض باستخدام المحاريث أثناء

إعداد مهد البثرة. وإضافة الأسمدة العضوية والخضراء التي تساعد على تكوين بناء جيد للأرض يحفظ التوازن بين المسام الضيقة والتي تحتفظ بالماء والمسام الواسعة التي تنتشر خلالها الهواء ويتجدد بسهولة.

وحيث أن كمية الهواء في الأرض تتناسب عكسيا مع كمية الماء التي تحتفظ بها الأرض فإن الرى الزائد خاصة في الأراضي ذات القدرة العالية على الاحتفاظ بالماء يؤثر تأثيرا سينا على تهوية الأرض وكمية الأكسجين المتاحة لجذور النبات. وتعمل كائنات التربة الهوائية مثل البكتريا – الاكتينوميستات - الطحالب التي تعيش على أكسوجين الهواء الأرضى على تحويل العناصر الغذائية في مواد التربة العضوية إلى صور ذائبة قابلة للامتصاص بواسطة النبات .

4. درجة حموضة التربة أو رقم الـ " pH "

يعبر رقم الحموضة إلى رقم الـ pH عن اللوغاريتم السالب درجة النشاط أيون الأيدروجين. ويعتبر من أهم خواص التربة حيث أن له علاقة مباشرة بدرجة تيسر معظم المغذيات النباتية كما أنه أثر مباشر على كائنات التربة الدقيقة ومعدل أداء جذور النبات.

ويقدر عادة في معلق للتربة مع الماء المقطر بنسبة 1: 2.5 أو معلق التربة مع محلول كلوريد البوتاسيوم بنفس النسبة وأحيانا يقدر في معلق التربة في مياه الرى المستخدمة أيضا بنفس النسبة السابقة.

في الأراضي تحت الصوبات سواء كانت زجاجية أو بلاستيكية كذلك الانخفاض المنخفضة أو في المشاكل أو مكعبات التربة Soil Blocks يفضل أن يتراوح رقم الـ pH بين 6.0 - 6.5 . وفي المناطق الجافة وشبه الجافة مثلما الحال في مصر تتراكم القواعد في التربة نتيجة قلة سقوط الأمطار ومن أهم هذه القواعد كربونات الكالسيوم وأملاح الصوديوم والمغنسيوم يؤدي ذلك إلى ارتفاع رقم الـ pH

قد يصل إلى 8.5 أو أكثر في المناطق الصحراوية الغنية بكربونات الكالسيوم كما أن الأراضي الطينية التي يسود الصوديوم على غرويتها يزداد رقم الحموضة عن 8.5 وغندذ يطلق عليها أراضي قوية.

ويجب العمل على تعديل الـ pH في الأراضي تحت الزراعة المحمية وفي المشاتل أو في مكعبات التربة إلى درجات حموضة قريبة من التعادل ويتم ذلك بإضافة الأسمدة العضوية والكبريت الزراعي والجبس الزراعي كما قد تضاف بعض الأحماض ضمن برامج التسميد كحمض النيتريك أو الفوسفوريك كمصدر للنيتروجين أو الفوسفور علاوة على تأثيره في خفض رقم الـ pH كما أن إضافة الجير تلزم لرفع الـ pH في الأراضي الحامضية أو في مكعبات التربة Soil Blocks.

وتوجد عدة طرق لقياس رقم الـ pH في الأرض أبسطها هو استعمال جهاز الـ pH Meter كذلك يمكن قياسها باستعمال بعض الألة التي تأخذ ألوان معينة عند تخللها للتربة ثم تقدر أرقام الـ pH المقابلة لهذه الألوان باستعمال كارت موضح به الألوان المقابلة لكل رقم من أرقام الـ pH .

وتعديل pH الأراضي تعد من الأمور غير السهلة والمكلفة فخفض رقم pH وحدة واحدة في طبقة الحرث (15 - 25 سم) يلزم إضافة 400 كجم كبريت على أن لا تحتوي الأرض على نسب محسوسة من كربونات الكالسيوم وإلا يجب أن تؤخذ ذلك في الاعتبار، وللصوبة القياسية يلزم حوالي 50 كجم كبريت لخفض رقم الـ pH وحدة واحدة تحت الظروف السابقة كما يفيد إضافة الجبس اللازمة بمعرفة السعة المتبادلة الكاتيونية ونسبة الصوديوم المتبادل وتعريف بالاحتياجات الجبسية .

ومن المشاكل التي تنشأ وتؤثر على رقم الـ pH هي تشبع التربة بالرطوبة لفترات طويلة دون تصريف المياه الزائدة بطريقة فعالة وتتراكم المشكلة نتيجة تغير

جو التربة Soil atmosphere حيث يحتوى أصلا كميات معقولة من الأكسجين تسمح بامداد الجذور وكتائنات التربة الدقيقة وإتحلال مواد التربة العضوية وعندما تتشبع الرطوبة تتكون طبقة رقيقة مؤكسدة على السطح أسفلها طبقة مختزلة أكثر سمكا يقل محتواها من الأكسجين بدرجة كبيرة وينتج عن ذلك حدوث سلسلة من التفاعلات الكيميائية اختزالية تبدأ بإختزال النترات الى نيتريت والحديد الى حديدوز والكبريتات إلى كبريتيد .

التربة وزراعة أشجار الفاكهة

يعتبر النجاح فى إختيار التربة المناسبة لزراعة الفاكهة من أهم أسس زراعة الفاكهة حيث أن الأشجار تمكث بالتربة لمدة طويلة قد تصل لعشرات السنين، كما أن تكاليف إنشاء وزراعة الحدائق تبلغ مبلغا كبيرا لذلك يجب إعطاء أهمية بالغة لإختيار التربة المناسبة لزراعة الفاكهة، فى حين أن إختيار التربة لزراعة محاصيل حولية مثل زراعة محاصيل الحبوب أو الخضر لا يأخذ مثل هذا الاهتمام البالغ نتيجة قلة المخاطرة فى الزراعة لمكثها بالأرض عدة شهور، والملاحظ عامة أنه لايمكن تبين عدم صلاحية التربة لزراعة أشجار الفاكهة إلا بعد إنشاء البستان بعد كسنتين وهذه النتيجة فى حد ذاتها تسبب خسائر بالغة يستحيل معها إسترداد ما صرف على إنشاء ورعاية المزرعة وعملية إستصلاح التربة أثناء وجود الأشجار قد تكون مستحيلة أو تسبب تكاليف باهظة تؤدي إلى نقص فى إنتاج المحاصيل، لذلك يحسن قبل زراعة التربة بأشجار الفاكهة إجراء الاختبارات والتحليل الكافية على القطاع الأرضى بأكمله .

ومن المعروف أن نظرية زراعة أشجار الفاكهة فى الأراضي الغير خصبة أفضل من زراعة محاصيل الحقل أو الخضر، جاء ذلك نتيجة نجاح أشجار الفاكهة

فى تلك الأرضى مع الحصول على محاصيل جيدة نسبياً وكذلك زيادة فى عائد الربح فى حالة إستغلال هذه الأرضى بالفاكهة عن زراعتها بمحاصيل الحقل مثل القمح أو الذرة، كما لوحظ أنه عند إستغلال الأرضى الخصبة التى توجد فيها زراعة محاصيل الحبوب بأشجار الفاكهة إزداد النمو الخضرى لأشجار الفاكهة وربما كانت هذه الزيادة على حساب النمو الثمرى، ومن المعروف أن أشجار الفاكهة ذات مجموع جذرى عميق وكبير نسبياً ، لذلك يعتبر قوام التربة عامل هام فى زراعة الفاكهة ، والملاحظ أن معظم أشجار الفاكهة تتحمل اختلافات واسعة فى تفاعل أو تأثير التربة ولو أن معظمها يتحمل الحموضة النسبية وقد يحسن نموها فى الوسط الحامضى فى التربة ، ويؤثر تفاعل التربة على نمو النبات عن طريق تأثيره على نشاط البكتريا النافعة وخاصة البكتريا المثبتة للنتروجين ، فعادة يقف عمل هذه البكتريا فى حالة حموضة التربة الشديدة وخاصة المصحوبة بانخفاض فى درجة الحرارة، ويمكن القول عامة بخصوص تركيز أيون الأيدروجين لبعض حاصلات الفاكهة الآتى :

- 1- الموالح : يناسبها pH بين 5 - 8 وتوجد الموالح فى غالبية أنواع الأرضى .
- 2- المانجو: تعتبر حساسة للملوحة ويناسبها pH بين 5.5-7.5 وتنتج زراعتها فى الأرضى الغنية بالجير وأكاسيد الحديد.
- 3- الزيتون : يوجد فى الأرضى الخفيفة ويمكن زراعته بنجاح فى الأرضى الفقيرة ويتحمل الملوحة والجفاف بدرجة كبيرة ويناسبه بين pH 5 - 8 .
- 4- النخيل: يمكنه مقاومة القلوية الشديدة فى التربة كما يتحمل الملوحة بدرجة تفوق معظم أشجار الفاكهة الأخرى ويناسبه pH بين 5.5 - 8.5 .

- 5- الموز: يحتاج إلى الأراضى الحسنة الصرف جيدة التهوية عالية الخصوبة ويناسبه pH بين 4.5- 7.5 ويمكن زراعته فى الأراضى الجديدة مع إستخدام الرى بالتنقيط .
- 6- الزنبقة : لاتتحمل سوء تهوية التربة ويناسبها pH بين 5 - 7.5 .
- 7- الأناناس : يوجد فى الأراضى الحامضية ذات pH بين 4.5 - 5.5 .
- 8- العنب : يوجد فى الأراضى الطينية العميقة الجيدة التهوية ويناسبه pH بين 5.2 - 6.8 كذلك يوجد فى الأراضى الرملية.
- 9- التفاح : يتحمل رداءة تهوية التربة بدرجة تفوق معظم أصناف الفاكهة المتساقطة الأوراق . يناسبه pH بين 5.3 - 8.5.
- 10- الكمثرى : تتحمل كثير من عوامل التربة الغير ملائمة ولكن لايمكنها تحمل زيادة نسبة الجير فى التربة حيث يعتبر الجير مسئول عن ظهور الإصفرار Choirosis ويناسبه pH بين 5.5-7.2.
- 11- الخوخ والمشمش : لايتحمل القلوية الشديدة أو رداءة التهوية فى التربة ويناسبه pH بين 5.2 - 6.8.
- 12- اللوز: يحتاج لأراضى جيدة الصرف خفيفة القوام رقم pH لها بين 5- 8 وأشجار اللوز تنمو فى الأراضى الطينية الجيدة الصرف ولكنها لاتقاوم الأراضى الغدقة وهى أشجار مقاومة للجفاف ولذلك يزرع فى المناطق الغير متوفر فيها مصدر للمياه باستمرار وهى مقاومة لحد ما للملوحة والقلوية .
- 13- التين : ينمو فى الأراضى الجيدة للصرف مابين الأراضى الرملية الناعمة إلى الأرض الطينية ورقم pH المناسب بين 5- 8 ، وهى أشجار حساسة للنيماتودا وهى متوسطة المقاومة للملوحة.

ويمكن القول عامة أن الأرض النموذجية للفاكهة هي التربة المائلة للحموضة قليلا أو بعبارة أخرى يتراوح رقم pH لها بين 5.5-6.5.

المراجع العربية

- إبراهيم السكرى و محمد الحفلوى وحسن الشيمى. 1983. الأرض كبيئة لنمو النبات. الإسكندرية - مصر.
- حسن الشيمى ومحمد نجيب وأحمد فريد. 2004. إستصلاح الأراضي والرى والصرف. دار الطباعة الحرة - الإسكندرية - مصر.
- السيد أحمد الخطيب. 2006. تلوث المياه. الإسكندرية، مصر.
- عبدالمنعم بلبع. 1980. خصوبة الأراضي والتسميد. دار المطبوعات الجديدة.

المراجع الأجنبية

- Aly A.A. 2009. A comparative study of groundwater quality of different groundwater sources in some western desert oases in Egypt. ICWCAR'09. October 12 – 14, 2009.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 (rev.1). FAO, Rome, Italy.
- Calvin C. 2007. Land Reclamation. Category: Ecology. <http://sciencelay.com/biology/ecology/land-reclamation/>
- FAO. 1995. Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach, land and water bulletin 2. FAO, Rome, Italy.
- U.S. salinity laboratory staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. U.S. Dept. Agric. Hand book No. 60, 1609.

لاری

د. جابر محمد حسن

القسم الثاني: الري

١١٨

الباب الأول: مقدمة

١٢٦

الباب الثاني: مياه الري

١٢٧

مصادر مياه الري:

١٢٨

١- مياه الأمطار

١٢٩

٢- المياه السطحية

١٣٥

٣- المياه الجوفية

١٣٧

الباب الثالث: نوعية مياه الري

١٣٨

أولاً: مكونات مياه الري

١٣٩

المكونات الذائبة

١٣٩

١- المكونات الكبرى

١٤١

٢- المكونات الصغرى

١٤٣

٣- المكونات العضوية وغير العضوية

١٤٤

ثانياً: تقييم مياه الري والعوامل المؤثرة على صلاحيتها

١٤٥

١- التركيز الكلى للأملاح الذائبة

١٤٥

٢- تركيز الصوديوم

١٤٦

٣- تركيز البورون

١٤٧

٤- تركيز الكبريتات والبيكربونات

١٤٨

٥- تركيز الكلوريد والكبريتات

١٤٥

الباب الرابع: علاقة الأرض بالماء

١٥٠

أولاً: الخواص الهيدروفيزيائية للأرض

١٥٠

أ- قوام الأرض

١٥٠

ب- بناء الأرض

١٥١	ج- كثافة الأرض
١٥٢	د- المسامية
١٥٣	هـ- الارتفاع الشعري
١٥٥	و- النفاذية ومعدل التسرب
١٥٦	ثانياً: صور الماء بالأرض
١٥٨	ثالثاً: المحتوى الرطوبي للأرض وطرق التعبير عنه
١٦٣	رابعاً: طرق قياس المحتوى الرطوبي بالأرض
١٦٣	أ- الطرق المباشرة.
١٦٣	ب- الطرق غير المباشرة
١٦٣	١- لنتشومترات
١٦٤	٢- الكتل المقومة للتوصيل الكهربى
١٦٥	٣- طريقة تشتت للنترونات
١٦٥	٤- طريقة لشعة جلما
١٦٦	٥- طريقة TDR
١٦٧	الباب الخامس: علاقة الأرض والماء والنبات
١٦٨	لحياجات الرى للمحاصيل المختلفة
١٦٩	١- الاستهلاك المائى
١٧٢	أ- للطرق المباشرة
١٧٨	ب- الطرق الغير مباشرة
١٨٢	٢- الاحتياجات الغسيلية
١٨٨	الباب السادس: تخطيط شبكة الرى ومكوناتها الرئيسية
١٨٩	أولاً: تصميم شبكة الرى
١٩٤	ثانياً: توزيع المياه بشبكة الرى

١٩٧	الباب السابع: طرق إضافة الماء إلى الأرض
١٩٨	أ- الإضافة الطبيعية (الأمطار)
١٩٨	ب- الإضافة الصناعية (الرى)
١٩٩	١- الرى بالشرائح
٢٠٠	٢- الرى بالأحواض
٢٠١	٣- الرى بقتلات الرى الكنتورية
٢٠١	٤- الرى بالخطوط
٢٠٣	٥- الرى بالمسطور
٢٠٣	٤- الرى بالرش
٢٠٥	٥- الرى تحت السطحى
٢٠٥	٦- الرى بالتقريط
٢١٠	ج- فوائد الماء وكفاءة الرى
٢١٣	الباب الثامن: نماذج تطبيقية لتنظم الرى بالمناطق المستصلحة حديثا
٢١٤	أ. النموذج الأول: أراضي منطقة القنوبارية
٢١٩	ب. النموذج الثانى: أراضي منطقة اليمنان
٢٢١	ج. النموذج الثالث: أراضي منطقة بنجر السكر

الباب الأول

مقدمة

Introduction

إن الهدف من الري هو الاحتفاظ في التربة بنسبة رطوبة كافية للنمو الأمثل للنبات. وتوجد أماكن كثيرة من العالم تكون فيها الرطوبة متوفرة بالتربة من الأمطار أو من الماء الأرضي ولكنها غير كافية لحياة النبات طول فترة نموه أو حتى لجزء من الموسم المحصولي وفي خلال هذه الفترات يكون من الواجب تعويض هذا النقص عن طريق إضافة الماء إلى التربة. هذا الاستخدام للماء بصفة صناعية وإضافته للأرض لنمو المحاصيل المختلفة يسمى بعملية الري. وعلى النقيض الآخر يوجد في بعض الأماكن من العالم "أو على نطاق محلي في كل مكان" أن تكون التربة مشبعة بالماء أو بها نسبة رطوبة زائدة بصورة غير صحيحة بالنسبة لنمو النبات. وقد تكون هذه الحالة موجودة طول فترة نمو المحصول أو في جزء من موسم نموه. وفي هذه الحالة يكون للصرف الطبيعي غير متوفر ولهذا يجب عمل طرق صناعية أخرى للتخلص من هذه الرطوبة الزائدة من التربة. هذه الطرق الصناعية تقع تحت ما يعرف باسم الصرف والذي سوف يتم دراسته لاحقاً. وقد يكون الاحتياج لعملية الصرف في بعض الأراضي التي يستخدم الري بها كميات من الماء تكون زائدة عن الكمية التي يستهلكها المحصول في بناء أنسجته النباتية وفي عمليات البخر والتنتج. هذا الماء الزائد إذا لم يتم صرفه أولاً بأول عن طريق الصرف الطبيعي فإنه قد يتجمع ويحتاج إلى صرفه صناعياً، هذا الصرف يكون مكملاً لعملية الري. وفي بعض الأماكن الأخرى من العالم تتكفل الطبيعة نفسها بالتقيام بإمداد النبات بحاجته من الرطوبة اللازمة عن طريق الأمطار التي توزع على طول فترة موسم نمو المحصول ويكون بناء التربة وكذلك طيوغرافيتها متكاملاً بعملية الصرف ويكون في هذه الحالة للهدف من الري والصرف هو المساعدة في اكتمال هذه العمليات الطبيعية للوصول إلى نسبة الرطوبة المناسبة للحصول على الإنتاج أو للنمو الأمثل للمحاصيل المختلفة. وقبل استخدام الري نبدأ في استصلاح الأراضي الزراعية على النحو التالي:

أ- إعداد الأرض للزراعة أو لاستقبال ماء الري بكفاءة.

ب- إزالة الأملاح الزائدة من عمق الجذور وعمق أسفل منة.

ج- إعادة توزيع الملوحة خلال قطاع التربة والتي تكون ناتجة من عمليات الري أو من العمليات الزراعية الأخرى.

لهذا فيكون من اللازم تسوية التربة ما عدا في الأراضي المنبسطة وذلك حتى يمكن

ضمان توزيع ماء الري لطبقة رقيقة على كل المساحة وفى وقت واحد أو تخطيط المساحة فى خطوط ذات انحدار بسيط وأول خطوة تجرى للأرضى التى تستصلاح ويستخدم فيها الري لأول مرة أن تزال منها كل الشجيرات والنباتات العشبية الزائفة والأشجار لما فى أراضي المناطق الجافة ولتلى لا توجد بها نباتات أو أشجار لنذرة الماء فجد أن هذه الخطوة تستبعد ولكن تحل محلها خطوة إزالة الأملاح من الطبقة السطحية حيث أنه فى المناطق الجافة نجد أن الأملاح تكون متجمعة بدخل قطاع التربة مما يستدعى غسل الأملاح لأسفل قبل استخدام هذه الأرضى فى الزراعة والرى حتى تنجح عملية الاستصلاح. بعض نظم الري للزراعية فى المناطق الجافة وشبه الجافة تغير من التوزيع الطبيعى للأملاح فى دخل قطاع التربة حيث تودى إلى رفع الأملاح من الطبقات السفلى إلى منطقة الجذور ثم إلى أعلى السطح مما يستلزم إزالة هذه الأملاح إلى أسفل بينما فى المناطق الرطبة جداً أو المناطق ذات الصرف الطبيعى الجيد نجد أن الأملاح تنسل لأسفل عمق الجذور. ويجب الأخذ فى الاعتبار أن عملية إزالة الأملاح إلى أسفل أو ما يعرف باسم عملية الغسيل هذه يجب أن تتم تحت نظام صرف جيد بدرجة كافية وإلا يودى ذلك الغسيل إلى تغير توزيع الأملاح وتجمع المياه وارتفاع مستوى الماء الأرضى فى المنطقة.

من هذا يتضح أن الري والصرف والاستصلاح يجب أن ينظر إليهم أنهم عمليات مكملة لبعضهم البعض. فالحصول على أحسن النتائج فى عملية الاستصلاح يجب أن ينظم التوازن ما بين الري والصرف وذلك للوصول إلى الكمية المناسبة للرطوبة للصالحات المتاحة للمحاصيل المختلفة وذلك فى مختلف مراحل النمو. وأيضاً للبقاء على خصوبة التربة عاماً تلو الآخر يجب التخلص من الأملاح الضارة ولتلى قد تتراكم فى عمق الجذور ويجب توزيع هذه الأملاح فى قطاع التربة بحيث لا تضر بالمحصول. والتقصير فى هذه العمليات المتكاملة أو إحداها يسبب خسارة كبيرة جداً فى المستقبل، وعلم البرى الآن ينظر إليه بعين الاهتمام كأساس لعمليات استصلاح واستزراع الأرضى. فعمليات الري والصرف والاستصلاح تهدف إلى تحسين وتطوير لثتين من أهم مصادر الثروات الطبيعية فى العالم وهى الأرض والماء. فيجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن هذين المصدرين من مصادر الثروة الطبيعية يعتبروا أساس الحضارات وأيضاً بقاء البشرية جميعها. فهذه

الثروات يجب أن يتصرف فيها بعقل وحكمة على أن توفر كل الطرق والسبل لتحسينهم وتطويرهم وذلك لمواجهة للتزايد السكاني الضخم في العالم.

وكثيرا من الحضارات السابقة لم تنتبه إلى أهمية كل من الري والصرف وحسن استخدام الأرض والماء وبانت هذه الحضارات ونقضت لهذا السبب مثل حضارات بابل في سوريا وقرطاجة في شمال أفريقيا.

ويجب ألا ينظر إلى الري والصرف والاستصلاح كعمليات هامة على المدى القريب فقط وذلك من الناحية الاقتصادية لأي بلد في العالم ولكن يجب أن تخصص وتدرس على المدى البعيد أيضا وذلك للتخطيط لتقادي تأثير هذه العمليات في المستقبل.

وأهمية الري تختلف باختلاف الظروف الجيولوجية والجيوفيزيائية والمناخية في الأماكن المختلفة من العالم.

ففي المناخ المعتدل مثل مناطق وسط أوروبا وشرق الولايات المتحدة والتي يسقط عليها المطر بطريقة منتظمة وموزعا على مدار موسم نمو المحاصيل نجد أن الري لم يكن معروفا لديهم حتى وقت قريب. ففي خلال العشرين سنة الماضية بدأ فقط في استخدام الري التكميلي في شرق الولايات المتحدة وذلك لزيادة إنتاج محاصيل الحبوب المختلفة.

وعلى النقيض الآخر نجد أن في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث ينذر المطر نجد أن الري يعنى الحياة فيدون إمداد صناعي بالماء لا تثبت المحاصيل ونقل الخضرة.

وبين هذين الحدين على امتداد العالم يوجد مدى واسع لظروف ري مختلفة ويمكن تقسيمهم إلى التالي:

- أ- في المناطق الجافة يعتبر الري المصدر الأساسي للمياه طوال العام.
- ب- في المناطق الجافة وشبه الجافة يعتبر الري الامداد المنتظم لتعويض نقص الأمطار خلال الموسم الزراعي المختلفة.
- ج- في بعض المناطق الاستوائية والتي تكون فيها الأمطار محدودة عموما في ثلاثة أو أربعة أشهر من العام يستخدم الري في زراعة المحصول الثاني في موسم الجفاف.
- د- في المناطق الشبه رطبة يعتبر الري تأمينا ضد ظروف عدم سقوط المطر.
- هـ- في المناطق الرطبة يعتبر الري كمقياس لزيادة إنتاج المحاصيل والتي تحتاج إلى مصدر دائم ومنظم من الماء غير المياه المضافة طبيعيا.

صوما وعلى المستوى العالمى، فقد بدأ إستخدام الرى فى الزراعة غالباً عندما بدأ الإنسان فى تكيف نفسه للحياة الاجتماعية وتحت الظروف المناخية المختلفة فى بعض الأماكن من العالم حيث إتضح أن الرى كان مصاحباً لتنظيم المجتمع. ويذكرنا التاريخ باستخدام الرى من الأبار والخزانات والقنوات على مدى العصور المختلفة. والنليل على ذلك وجود بعض الآثار والتي تدل على بعض الأعمال الإنشائية الخاصة بالرى والنسى بنيت منذ مئات وفى بعض الأحوال منذ آلاف السنين فى مناطق بالصين ومصر والهند والعراق وفلسطين وإيطاليا وفى بلاد أخرى عديدة. فى مصر ارتفع كبر وأنتم سد فى العالم يبلغ طوله أكثر من ١٠٠ متر وارتفاعه ١٢ متر وذلك منذ خمسة آلاف عام وذلك لتخزين الماء للشرب والرى. كما أنشأ أول خزان موسمى فى التاريخ فى عصر امنحتب الثالث حيث استخدمت بحيرة موبس لتخزين مياه الفيضان وذلك بإحاطتها بجسر طوله نحو مائة وأثنى عشرة كيلو مترا ووصل بينهما وبين النيل بترعتين على كل منهما قنطريتين واحدة لتخزين المياه بالبحيرة والاخرى لتصريف المياه. والرى الحوضى ادخل فى حوض نهر النيل منذ ٣٣٠٠ سنة قبل الميلاد وحتى عهد قريب كان يلعب دورا هاما فى الزراعة المصرية إلا أنه بعد المد العالى تحول الى رى دائم. وتوجد أيضا آثار لأعمال إنشائية للرى فى حوض نهر دجلة والفرات بالعراق فى عصور متعاقبة سابقة. والأبار والخزانات والقنوات المنقرعة من الأنهار كانت معروفة كمصدر لمياه الرى فى الهند منذ آلاف السنين. وخلال النصف الأول من القرن للتاسع عشر بدأ فى إنشاء مشاريع للرى الكبرى فى مناطق مختلفة من العالم ونذكر منها على سبيل المثال:

إعادة بناء نظام الرى فى دلتا كوفارى فى جنوب الهند (فى المنطقة الاستوائية) وقنوات بادينا فى الشمال سنة ١٨٢٥ وايضا نظام القنوات والترح العميقة الذى بنى فى مصر العليا سنة ١٨٢٦. والجدول التالى يبين ملخص للمساحات التقريبية المروية فى البلاد المختلفة من العالم وذلك فى نهاية القرن للتاسع عشر.

المساحات المروية في البلاد المختلفة من العالم وذلك في نهاية القرن التاسع عشر

البلد	المساحة المروية
الهند وباكستان	١٧ مليون هكتار
الاتحاد السوفيتي	٤ مليون هكتار
الولايات المتحدة الأمريكية	٣ مليون هكتار
مصر	٢,٤ مليون هكتار
اليابان	٢ مليون هكتار
إيطاليا	١,٦ مليون هكتار

وقد رت كل المساحة المروية في العالم في نهاية القرن التاسع عشر بحوالى ٤٠ مليون هكتار. وهذه المساحة تمثل خمسة أضعاف المساحة المروية في بداية القرن التاسع عشر. ولكن نظرا للتطور والتقدم الكبير في علم الهيدروليكا والتطور في طريقة التخطيط والبناء والتففي في مشاريع الري الكبرى فقد بدأ أول القرن الحالى بزيادة المساحة المروية من العالم إلى أربعة أضعاف حتى بلغت ١٦٠ مليون هكتار موزعة كالتالى:

١١٠ مليون هكتار في آسيا، ١٧ مليون هكتار في شمال أمريكا، ١٣ مليون هكتار في الاتحاد السوفيتي، وفي أوروبا ١٢ مليون هكتار وأفريقيا حوالى ١٠ مليون هكتار وجنوب أمريكا أقل من ٤ مليون هكتار وفي استراليا ونيوزيلندا والشرق الاقصى أزيد من المليون هكتار بقليل وفي سنة ١٩٧٥ ارتفعت المساحة المروية في العالم الى ما يزيد عن ٢٠٠ مليون هكتار ومتوقع أن تزيد المساحة المروية في نهاية هذا القرن الى ٣٠٠ مليون هكتار. وعلى المستوى الاقليمي، تعتبر مصر من أعرق وأقدم الدول فى العالم التى استخدمت الري فى الأراضي الزراعية وحوالى ٨٠% من المساحة للمزراعة بمصر تروى بمياه النيل. والمحصول الزراعى الرئيسى والذي تخصص فى زراعته مصر هو القطن والتي تمثل المساحة للمزراعة منه ٣٥% من المساحة الكلية التى تغطى عابدا سنوياً قدره ٦٠% من الانتاج الزراعى والخصوبة العالية للأرض الزراعية والتي بدأت في التدهور الآن والتي كانت تسد بغرين نهر النيل كل عام والخبرة فى الري، كل هذه العوامل أدت الى إمكانية زراعة محصولين أو ثلاثة محاصيل فى العام والتي لا تتوفر فى

كثير من دول العالم. لهذا تركزت الجهود ويجب أن تتركز من أبناء مصر لرفع إنتاجية هذه الأراضي من جديد واستغلال هذه الامكانيات المتاحة لأقصى حد ممكن خاصة إذا علمنا أن نصيب متوسط الفرد من الأراضي الزراعية تدهور تدريجياً حتى وصل إلى ٠,١٦ فدان خلال عام ١٩٧٨ وأن تعداد مصر المتوقع عام ٢٠٢٥ سيبلغ ١٠٠ مليون نسمة والمحافظة على هذا النصيب الضئيل للفرد من الأرض الزراعية سوف يستلزم زيادة المساحة من الأرض الزراعية زياده مطردة. ولكن اتضح أن تطور جميع فروع الزراعة بمصر مرتبطاً كلياً بكمية المياه المتوفرة والتي نحصل عليها من النيل. فـهر النيل في وقت الفيضان نجد أنه كان يلقي بكميات كبيرة جداً من مياهه في البحر الأبيض المتوسط وأقصى تصرف له بلغت كميته ١٨٥ مليار متر مكعب في موسم ١٨٧٨ - ١٨٧٩، ولكي يمكن تخزين ولو جزء من هذه المياه والتي تمثل ماء الحياة للأراضي الزراعية في فترة الربيع والصيف بنى في عام ١٨٨٩ - ١٩٠٢ م خزان أسوان. وكان أول ارتفاع لخزان أسوان ٢٠ متراً وكان يحجز كمية من المياه قدرها ٩٨٠ مليون متراً مكعباً ممتدة إلى مسافة ٢٢٥ كيلو متراً. في عام ١٩٠٧ - ١٩٢١ م تم تعلية الخزان ٥ أمتار والتي أدت إلى زيادة كمية المياه المخزنة إلى ٢,٤ مليار متر مكعب وزادت المسافة التي تمتد إليها المياه المخزنة إلى ٢٨٥ كيلو متر. في عام ١٩٢٩ - ١٩٣٤ م تم تعلية الخزان ٩ أمتار أخرى. هذه التعلية زادت كمية المياه المخزنة إلى ٥ مليار متر مكعب والمياه المحجوزة امتدت إلى مدينة وادي حلفا والتي تبعد ٣٥٠ كيلومتراً جنوب أسوان وقد استخدم في بناء جسم خزان أسوان كمية قدرها ١,٥ مليون متر مكعب من الأحجار ولتقدير هذه للكمية من الحجارة فإن كمية الأحجار التي استخدمت لبناء هرم خوفو الأكبر كانت ١,٥ مليون متر مكعب. وطول الخزان ٣ كيلو متر به ١٨٠ بوابة للمياه كل بوابة تقسم إلى منسويين. وهذه البوابات كلها تفتح في شهر يوليو في أيام الفيضان وذلك للسماح لمياه النيل والمحملة بالغرين لغمر الأراضي ومدها بالطمي. وفي بداية شهر أكتوبر تقلل هذه البوابات ويبدأ في ملء الخزان وفي بداية الربيع عندما لا تكفي كمية المياه للري يبدأ في أخذ المياه المخزنة من الخزان. ولكن مياه خزان أسوان لم تكن تكفي حاجة الأراضي من المياه وذلك خلال الخمسين سنة التي أعقبت بناء الخزان. حيث زاد عدد السكان زيادة مطردة وأصبح إنتاج هذه الأراضي بهذه الكمية من المياه

غير قادر على الوفاء بإحتياجات الشعب من المواد الغذائية وأصبح مضطرا لاستيراد المواد الغذائية على حساب خطة إنتاجه للصناعى وتطوره والتزاماته الحيائية الأخرى. ومشكلة مد هذا العدد المتزايد من السكان بالمواد الغذائية المختلفة تتلخص فى زيادة مساحة الرقعة الزراعية والتطور للصناعى والذي لا يمكن تحقيقه سوى بتوفير مصدر للطاقة الكهربائية. ولهذا لجأنا مرة أخرى لحل هذه المشكلة إلى نهر النيل حيث بدأ فى التفكير فى بناء السد العالى والذي بدأ فى بنائه فى عام ١٩٦٠ على مسافة قدرها ٦,٥ كيلو مترا جنوب خزان أسوان السابق. وبلغ ارتفاعه ١١١ مترا فى مجرى النهر، ٤٠ - ٥٠ مترا على شاطئيه. وبلغ طوله حوالى ٥ كيلومتر. وقد استخدم فى بناء جسم السد كمية من حجر الجرانيت والرمل قدرها ٤٢,٥ مليون مترا مكعبا وهذه تمثل ١٧ مرة قدر كمية الأحجار التى استخدمت فى بناء هرم خوفو. وكمية المياه التى يحجزها السد العالى تبلغ ١٢٠ مليار متر مكعب والتى تمتد الى ٥٠٠ كيلو متر وتبلغ مساحتها ٣٠٠٠ كيلو متر مربع. بالإضافة الى حجز هذه الكمية من المياه فهناك فوائد عديدة ومختلفة من بينها الطاقة المولدة التى تبلغ حوالى ١٠ - ١٢ مليار كيلووات/ساعة.

وتجرى حاليا وزارة الرى مشاريع بحثية هامة تتعلق بالاستفادة الكاملة بمياه نهر النيل وتنمية مواردها الى الحد الأقصى مع المحافظة على مجرى النهر. ومن بين هذه المشاريع دراسة تنمية الموارد المائية بأعلى النيل. وقد حصلت مصر على حصة زائدة من المياه تقدر بحوالى ٢ مليار متر مكعب وذلك عام ١٩٨٢ نتيجة لتنفيذ المرحلة الأولى من قناة هولجلى.

المصدر الثانى للمياه فى مصر هو المياه الجوفية. واستخدم المياه الجوفية فى مصر ما زال فى صورة غير جدية فى الوقت الحالى ولكن يتوقع أن يكون فى المستقبل ذو أهمية بالغة وخاصة وأن التوسع سيكون فى الاراضى الصحراوية والتى يصعب توصيل مياه النيل لها والتى ستعتمد اعتمادا كليا على المياه الجوفية. وتبلغ للكمية المستغلة سنوياً من المياه الجوفية حوالى ٢ مليار متر مكعب ومتوقع أن تزيد فى المستقبل. والوفون فى سبيلهم الى اصدار كتاب عن استخدامات المياه الجوفية فى الأغراض الزراعية فى المستقبل القريب إن شاء الله.

الكتاب الثاني مياه الري

Irrigation Water

يعتبر الماء أهم الثروات الطبيعية والذي لولاه ما كانت هناك حياة على وجه الأرض ولهذا يجب المحافظة على هذه الثروة ولن تستغل الاستغلال المثل للحصول على أكبر قدر ممكن من الانتاجية الزراعية وكذلك للحصول على أعلى عائد من الوحدة الواحدة منه. ولهذه الأسباب يجب التعرف على مصادر مياه الري وكذلك تقييم نوعيتها ومدى صلاحيتها لأغراض الزراعة.

Irrigation water resources مصادر مياه الري

من المعروف ان مصادر المياه عديدة وتختلف طبيعتها ودرجة استغلالها حسب نوعيتها ويرجع الأصل فيها كما سبق الى مياه الامطار والهطول Precipitation بصوره المختلفة من برد وجليد وندى وضباب والتي تسقط بكميات متفاوتة على المناطق المختلفة من العالم مكونة مصدرا من مصادر المياه هو المياه السطحية والتي تتمثل فى الأنهار التى تتكون من موقوف كميات كبيرة من الأمطار على أماكن مناهمها وتسمى فى هذه الحالة بالأنهار المطرية. أو التى تتكون نتيجة لحدوث انصهار الجليد فى بعض المناطق الجبلية وتعرف فى تلك الحالة باسم الانهار الجليدية أو الثلجية. أما الجزء من المياه السطحية الذى يتسرب إلى باطن الأرض فيكون مصدرا آخر من مصادر المياه الهامة وهو المياه الجوفية والتي تختلف درجة استغلالها حسب عمقها ودرجة ملوحتها.

وتوجد مصادر أخرى لمياه الري أقل أهمية من المصادر السابقة من بينها مياه البحر. فمياه البحر يمكن استغلالها وذلك بتحليتها عن طريق استخدام الأغشية الاختيارية أو الأيونات التبادلية. ولما بتعطيرها بواسطة استغلال الطاقة الشمسية أو الطاقة النووية. وعلى سبيل المثال تستغل الان محطة النووية على الساحل الشمالى الغربى فى منطقة الضبعة فى تحلية مياه البحر. وللذى يعيب هذه المصادر هو ارتفاع تكلفة انتاج الوحدة الواحدة من المياه مما يتطلب أن تستعمل هذه الوحدة بطريقة مثلى لتغطى تكلفتها وتعطى عائدا كبيرا.

كما أن المحاولات تجرى للاستخدام المباشر لمياه البحر ومياه أخرى ذات ملوحة عالية فى رى بعض المحاصيل الزراعية. ففي الولايات المتحدة الأمريكية يمكن زراعة الشعير والقمح والبطاطم وذلك بريهم من مياه المحيط مباشرة وقد تقترب محصول الشعير الذى روى بمياه ذات درجة ملوحة عالية من المتوسط العالمى.

والنوع الآخر من المصادر هو المياه المعاد استخدامها أو ما يعرف باسم reusing water وتشمل هذه المياه مياه للمصارف الخارجة من الاراضى الزراعية المختلفة وكذلك مياه خوارج المدن والمصانع والصرف الصحى وعلى سبيل المثال فقد قدرت كمية مياه المصارف التى تتساق الى البحر سنوياً من الاراضى الزراعية بمصر بنحو ١٤,٥ مليار متر مكعب.

وفيما يلى أمثلة لبعض هذه المصادر ومدى توفرها فى مصر:

١- مياه الأمطار Rain water

تتزايد أهمية هذا المصدر من المياه خاصة فى المناطق للجافة حتى ولو سقطت كميات قليلة منه فمثلاً كمية قدرها ١٠ مم من الأمطار تمثل ١٠ آلاف متر مكعب على الكيلو متر المربع. ولاستغلال هذا المصدر من المياه يتم جمعاً وحصاد الأمطار Rainwater harvesting وذلك فى المناطق التى تكون المصادر الأخرى للمياه محدودة أو مرتفعة التكاليف أو يتعذر حفر آبار للمياه الجوفية نظراً لعدم ملائمة التركيب الجيولوجى للمنطقة أو ارتفاع تكاليف الحفر. ويكون جمع الأمطار مناسباً للتوسع فى زراعة مساحات من الأراضى. ومنذ زمن بعيد فطن الرومان الى ذلك وقاموا بتصميم ما يعرف بإسم الآبار الرومانية لجمع مياه الأمطار بالصحراء الغربية بمصر فى أحواض معدة لذلك. والمزارع الحديث أيضاً بدأ فى جمع مياه الأمطار وذلك فى استراليا فقد وجد فى عام ١٩٢٩ أنه من مساحة قدرها ٢٤٠٠ متر مربع تسقط عليها الأمطار بمعدل ٣٠٠ مم فى السنة أمكن جمع كمية من المياه تكفى لاحتياجات ١٠ أشخاص و ١٠ خيول وبقرتين و ١٥٠ رأس غنم ويمكن جمع مياه الأمطار فى المناطق التى يكون معدل سقوط الأمطار السنوى حتى ٥٠ - ٨٠ مم. وأراضى الـ Loess أو شبيه الـ Loess والتى تنتشر فى الأراضى الصحراوية تكون مناسبة لجمع مياه الأمطار وذلك لأنها بعد فترة قصيرة من سقوط الأمطار تكون قشرة Soil crust تنقل من رشح المياه لأسفل وتساعد على جمع مياه الجريان السطحي.

وفى مصر نجد أنه يمكن جمع للمياه الساقطة على كل من الساحل الشمالى الغربى وكذلك شبه جزيرة سيناء والجدول التالى يبين كمية الأمطار الساقطة على هذه المناطق المختلفة لإبيان مدى أهمية إمكانية استغلال هذا المصدر للمياه.

المتوسط السنوى لكمية مياه الأمطار الصافطة على منطقتى الساحل الشمالى
الغربى وشبه جزيرة سيناء

المتوسط السنوى لكمية مياه الأمطار الصافطة على منطقتى الساحل الشمالى الغربى	مم	شبه جزيرة سيناء	مم
١- للملوم	١١٤	١- العريش	٩٧
٢- سيدى براتى	١٥٦	٢- رفح	٣٠٤
٣- مرسى مطروح	١٥٤	٣- غزه	٣٤٨
٤- فوكه	٩٠	٤- التسيمة	٣٧
٥- للضبحة	١٢١	٥- للتخل	٢٦
٦- برج العرب	١٤٧	٦- الطور	١٣
٧- المتوسط	١٣٠	٧- المتوسط	١٣٧

وأحيانا يتم جمع مياه الأمطار بطريقة سهلة وذلك بعمل حفرة كبيرة فى الأماكن المنخفضة تتجمع فيها مياه الجريان السطحى وقد تحتاج هذه الطريقة الى بعض التعديلات منها جعل سطح التربة غير منفذ، وذلك لتقليل لتقليل للرشح لأسفل وذلك بإنشاء مجارى مائية Ditches سواء بحفرها أو بتحديدتها بواسطة الأحجار والصخور ليسير خلالها الماء أو بالمعالجة الكيماوية لسطح الأرض باستخدام املاح الصوديوم أو التشمع أو مواد أخرى. ومن مميزات هذا المصدر من المياه أنه لا يحتاج الى مصدر للطاقة للحصول عليه وما يعيبه انه يعتمد على الظروف المناخية فقد يفقد فى سنوات للجفاف، وعلى سبيل المثال، قدرت كمية مياه الأمطار التى يمكن جمعها من الجريان السطحى على الساحل الشمالى الغربى بحوالى ٣٤ مليون متر مكعب فى السنة يستغل منها حوالى ١٠% فقط والباقي يذهب الى البحر.

٢- المياه السطحية Surface water

يعتبر هذا المصدر أهم مصادر مصادر الرى والذى يتمثل فى مياه الانهار. وتعرف

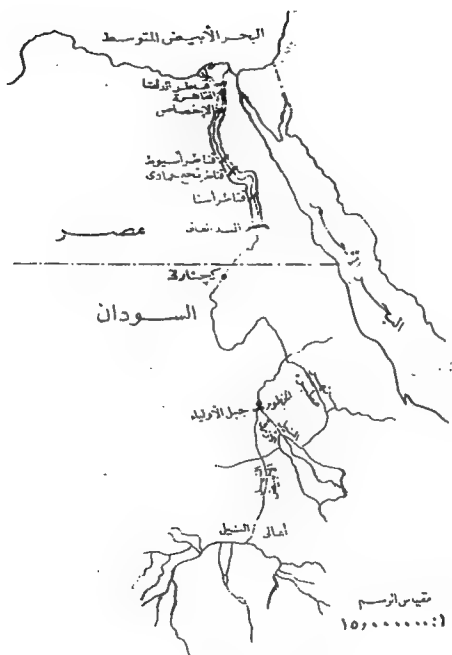
كمية المياه المارة في وحدة الزمن في النهر يسم تصريف النهر River discharge. وتصريف النهر لا يكون منتظما وبالتالي يختلف منسوب النهر من يوم لآخر. وبطريقة أخرى يمكن القول أن رجيم النهر يتغير شكله من عام لآخر.

بالنسبة لنا في مصر فالمصدر الرئيسي والأماسى للمياه لنا هو نهر النيل. وينبع نهر النيل من منطقة خط الاستواء حيث يخفيه ثلاثة أنهار هي النيل الأزرق والنيل الأبيض وعطبرة ويبلغ طوله ٦٦٩٠ كيلو متر. وتتجمع مياهه من مساحة قدرها ٢٨٥٠٠٠٠ كيلومتر مربع (شكل ١ و ٢).

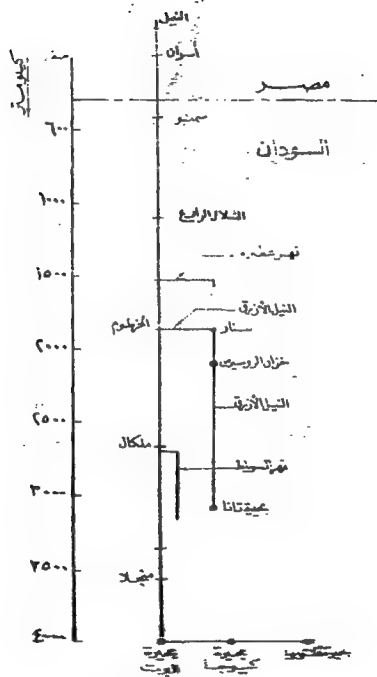
فعدن الخرطوم وعلى مسافة قدرها ١٦٠٠ كيلو متر من القاهرة يصب النيل الأزرق والذي ينبع من الحبشة. النيل الأبيض ينبع من بحيرات أوغندا وعلى بعد ٩٦ كم من شمال الخرطوم يصب في النيل نهر عطبرة والذي ينبع من الحبشة أيضا والجداول التالية يوضح كميات المياه التي يشارك بها كل نهر في نهر النيل كل عام.

اسم النهر	كمية المياه التي يشترك بها	نسبتها السنوية %
النيل الأزرق	٤٨٠٠٠ مليون متر مكعب	٥٨,٦٠
النيل الأبيض	٢٣٧٠٠٠ مليون متر مكعب	٢٨,٩٠
نهر عطبرة	١٠٣٠٠ مليون متر مكعب	١٢,٥٠
المجموع الكلى	٨٢٠٠٠ مليون متر مكعب	١٠٠

وفي فترة الفيضان من أغسطس حتى أكتوبر نجد أن الكمية الأساسية من مياه النيل ٧٠,٣% تصل من النيل الأزرق. والنيل الأبيض يعطى ١٢,٢% بينما نهر عطبرة يعطى ١٧,٥%. ومن شهر فبراير حتى يونيو الذى يغذى النيل بنسبة أكبر هو النيل الأبيض حيث يمثل ٤٦,٩% ومن النيل الأزرق ٣٠,٧% ومن نهر عطبرة ٤,٧% وكمية الأمطار التى تسقط على الحبشة تؤثر تأثيرا بالغا على كمية المياه بالنيل الأزرق حيث يتضاعف حجم المياه الى ٤٠ مرة في شهرى يوليو وأغسطس بمقارنتها بتصريف النهر فى شهر أبريل.



شكل رقم (١) خريطة حوض النيل

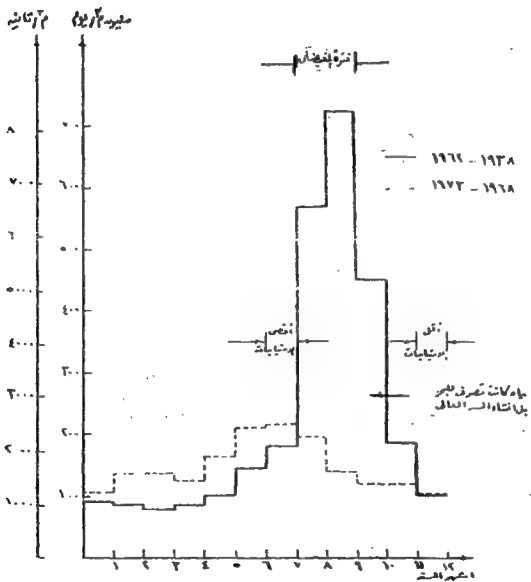


شكل رقم (٢) النيل وفروعه

ولما النيل الأبيض فأمداده لنهر النيل يكون بصورة منتظمة حيث يأخذ مياهه من مخزون المياه في بحيرات فكتوريا والبرتا. وفي الفترة من فبراير حتى يوليو يتحكم في نهر النيل تحكما كاملا بواسطة الخزانات والسدود للقائمة. وقد كان قبل بناء السد العالي يبدأ الفيضان في مصر من أغسطس حتى يناير ولو أن أعلى تصرف يكون في شهر سبتمبر. فعند هذا الوقت كان يصل إلى القاهرة يوميا كمية قدرها ٦٠٠ مليون متر مكعب وأكثر وعندما يصل إلى أقصى كمية يبدأ منسوب نهر النيل في الهبوط ببطيء، هذا الانخفاض يستمر حتى منتصف ديسمبر ثم يبدأ الهبوط الشديد وبعدها يتذبذب المنسوب بصورة غير محسوسة حتى شهر أبريل حيث تلاحظ أقل كمية مياه في النهر حيث تبلغ ٥٠ مليون متر مكعب يوميا. وكما يتضح من شكل رقم (٣) والذي يوضح تصرفات النيل خلف أسوان قبل وبعد إنشاء السد العالي يمكن ملاحظته بالاحتياجات المائية في فترة أقل احتياجات وأقصى احتياجات لتوضيح حجم المياه التي كانت تصرف للبحر والأن تخرن خلف السد. ودراسة رجيم نهر النيل تبين أن أقصى تصرف خلال ٨٥ سنة الماضية كان في عام ١٨٧٨ حيث بلغ ١٨٥ مليار متر مكعب وأقل تصرف لوحظ في عام ١٩٠٣ إذ بلغ ٤٢ مليار متر مكعب. ويلاحظ أن نهر النيل في القرن الحالي ينقل كمية من المياه أقل بمقارنة تصرفه في النصف الثاني من القرن الماضي وهذا يفسر حالة الجفاف الحالية التي تعاني منها إفريقيا.

وأما بناء السد العالي فقد نصت اتفاقية مصر والسودان على توزيع المياه كالتالي:

مليار م ^٣ سنويا	الاحتياجات والتوزيعات المائية بين مصر والسودان
٨٤	١- متوسط كمية المياه التي تصل أسوان
٤٨	٢- الاحتياجات المائية الحالية لمصر
٤	٣- الاحتياجات المائية للسودان لمشروع الجزيرة
٥٣	٤- الاستهلاك الكلي للمياه
٣٢	٥- الفائض من المياه
١٠	٦- الفاقد بالبحر من الخزانات
٢٢	٧- الكمية المضافة الفعلية



شكل رقم (٣) منحنى التصريفات خلف أسوان قبل وبعد إنشاء السد العالي

٣- المياه الجوفية Ground water

من المعروف أن الصخور المكونة للقشرة الأرضية تحتوى على مجموعة من الفراغات وهذه تكون بين حبيبات الرمل والزلط والحصى أو على صورة شقوق فى صخر الجرانيت أو الصخور الصلبة أو فى صورة ممرات ومجارى ناتجة من عمليات الإذابة فى الصخور الجيرية وغيرها. كل هذه الأنواع من المسام تكون ممثلة بالمياه الجوفية. والطبقات الممتلئة بالمياه الجوفية تعرف باسم الطبقات الحاملة للمياه. وتكوين وتجميع المياه الجوفية يتوقف على عدة عوامل مثل ظروف التركيب الجيولوجى والمناخ وطوبوغرافية المنطقة. وتمتد أسفل أراضي بلادنا عدة طبقات حاملة للمياه حيث يمكن أن تقسم من الناحية الهيدروجيولوجية لى عدة مناطق هي:

أ- المياه الجوفية أسفل دلتا وادى النيل: تتواجد فى الطبقات الرسوبية حيث يتراوح معدل تصرف البئر الواحدة من ٢٠٠ - ١٠٠٠ متر مكعب فى الساعة وتتراوح ملوحتها من ٠,٣ - ٣ جم /لتر.

ب- المياه الجوفية بالساحل الشمالى الغربى: تتواجد عدة أنواع من المياه الجوفية وعموما يبلغ تصرف البئر الواحد من ٠,١ - ٠,١ لتر فى الثانية ودرجة ملوحتها تتراوح من ١ - ١٠ جم/لتر.

ج- المياه الجوفية بالصحراء الشرقية: وتتواجد أيضا عدة أنواع. أهمها كمصدر للمياه هى مياه الشقوق للصخور المتحولة حيث يتراوح تصرف البئر الواحدة ٠,١ - ٠,٥ لتر فى الثانية وتبلغ ملوحتها ١ جم/لتر.

د- المياه الجوفية بشبه جزيرة سيناء: أيضا تتواجد بعدة أنواع. بالنسبة للمياه الجوفية الصالحة للاستخدام هى المياه بالطبقة السطحية حيث يبلغ تصرف البئر الواحدة ٠,١ - ١٠٠ لتر/ثانية وتتراوح ملوحتها من ٠,٥ - ٣ جم /لتر.

هـ- المياه الجوفية بالصحراء الغربية: يعتبر هذا المصدر للمياه الجوفية أهم مصدر للمياه يمكن التوسع فى استخدامه لضخامة كمية المياه التى يحتوئها. ويتمثل هذا المصدر فى خزان جوفى محصور يمتد أسفل الصحراء الغربية حيث يشغل ما يوازي نصف مساحة مصر الكلية. كما يمتد أيضا الى خارج الحدود المصرية لمسافات بعيدة حيث يصل فى الجنوب الى السودان وفى الغرب الى ليبيا وأما من الشمال فيحده

مرتفع جوفى. ويتكون هذا للخران الجوفى من عدد من الطبقات الحاملة للمياه من الرمل والحجر الرملى اللوى. وتخرج مياه هذا الخزان فى عدد من المنخفضات الكبيرة هى الخارجة والداخلة والفرافرة وسيوة والقطارة - ومخزون المياه فى هذا الخزان تكون نتيجة لرشح وتجمع المياه فى الطبقات الحاملة لها فى عصر المناخ الرطب الذى مر بالمنطقة. وأما تغذيته المستمرة فتأتى من رشح مياه الأمطار الساقطة على خط الاستواء وكذلك رشح للمياه من حوض نهر النيل ويحساب حجم هذا الخزان الجوفى من حدود السودان حتى الولايات الخارجة والمشغول بالماء وجد أنه يبلغ ٦٦ × ١٠ متر مكعباً فإذا أمكن استغلال هذه الكمية من المياه للتوسع فى زراعة المحاصيل المناسبة لهذه المناطق يمكن زراعة ورى ١٠٠ مليون فدان بمحاصيل مثل اللوز والفول السودانى والنخيل. ومن الجدير بالذكر أن هذا الخزان الجوفى يملأ ويغذى بكمية من المياه قدرها ١٥٥ × ٦٠ متراً مكعباً سنوياً من رشح الأمطار الساقطة على جنوب السودان وخط الاستواء. وتبلغ ملوحة هذه المياه فى الجزء الجنوبى من الخزان من ٠,١٥ - ٠,٦ جم/لتر كما يبلغ تصرف اللينبوع الخارج من هذا الخزان ٥٠٠ متر مكعب فى الساعة.

وتجرى الآن دراسات وبحوث على الخزان الجوفى تقوم بها أكاديمية البحث العلمى مع مجموعة من الهيئات المختلفة لمعرفة مدى إمكانيات استغلاله فى التوسع فى المساحات الزراعية.

الباب الثالث نوعية مياه الري

Quality of Irrigation Water

كما ذكرنا سابقاً فإن مصادر مياه الري متعددة فهي إما مياه الأمطار أو المياه السطحية (مياه الأنهار والبحيرات) أو المياه الجوفية أو مياه البحار وأيضاً هناك مصادر أخرى منها المياه المعاد استخدامها من مياه المصارف ومياه خوارج المدن. وتبعاً لاختلاف مصادر المياه تختلف أيضاً نوعية هذه المياه وذلك من وجهة نظر امكانية استخدامها في الري. لذا وجب دراسة نوعية المياه لامكانية تقييمها لعملية الري وذلك على عدة أسس وقواعد علمية وذلك لاستغلالها الامتغلال الأمثل مع تفادي حدوث أضرار جانبية للأرض للزراعية.

أولاً: مكونات مياه الري

تحتوي مياه الري على عدة مكونات مختلفة منها المكونات الذائبة والمكونات المعلقة بها وهي إما مواد عضوية أو غير عضوية ومثال على ذلك يظهر في الجدول التالي الذي يوضح للمكونات التي تحتويها الأنواع المختلفة من مياه الري تبعاً لمصدرها. يمكن تقسيم للمكونات التي تحتويها المياه بغض النظر عن مصدرها إلى مجموعتين هي: للمكونات الذائبة هي: المكونات الذائبة والمكونات المعلقة كما هو موضح في الجدول التالي:

الخواص التركيبية					مصدر المياه
رقم الحموضة	المسك	المادة العضوية	حويصلات وجراثيم	الخصوبة	
٦ - ٧	أثار	أثار	أثار	فقيرة	مياه الأمطار
٦ - ٩	أثار	أثار	أثار	فقيرة إلى غنية	الينابيع
٧ - ٩	أثار	أثار	أثار	فقيرة إلى غنية	المياه الجوفية
٧ - ٩	متوسطة	متوسطة	متوسطة	غنية	الأنهار
٤ - ٩	أثار	أثار	أثار	فقيرة	خوارج المصانع
٧ - ٩	قليل	قليل	كثيرة	غنية	البحيرات
٧ - ٨	قليل	قليل	كثيرة	غنية	مياه الصرف
٧ - ٨	قليل	كثيرة	كثيرة جداً	غنية جداً	مياه المجارى
٧ - ٨	قليل	قليل	قليل	فقيرة إلى غنية	مياه البحار

المكونات الذائبة لمياه الري

تحتوى مياه الري على اختلاف مصادرها على مجموعة من الأملاح المختلفة والتي تختلف نوعيتها وكميتها باختلاف المصدر الذى تأتى منه كذلك حسب المسافة التى تمر خلالها حتى وصولها إلى الحقل. وهناك اتجاه عام "خاصة فى المناطق التى لا تتوفر بها المصادر الأخرى لمياه الري" إلى استخدام المياه الملحية فى عملية الري مما أدى إلى تملح الأراضي المروية فى حالات كثيرة مما جعل عملية تحديد نوعية مياه الري من المشاكل العالمية الهامة والتي تحظى باهتمامات كثيرة فى الوقت الحالى.

وعموماً يمكن تحديد مجموعتين من الأملاح التى تتواجد فى مياه الري وهى:

١- المكونات الكبرى وهى التى تحدد خصائص الماء.

٢- المكونات الصغرى وهى التى يجب أن يوجه لها الاهتمام فى حالات خاصة.

الخواص التركيبية للأنواع المختلفة لمياه الري

المكونات الكبرى لمياه الري كدلالة لمصدرها:

أ- مياه الأمطار: تحتوى مياه الأمطار على كمية أقل من الأملاح بمقارنتها بالأنواع الأخرى من المياه التى يمكن استخدامها للري. وهذه المياه تحتوى على غازات ذائبة من النتروجين والارجون والأكسجين وذاتى كسيد الكربون وكذلك على املاح ذائبة والتي تأتى من الهضاب والبحار. عموماً فإن كمية الأيونات فى مياه الأمطار مثل الكلوريد والصوديوم تختلف بشكل كبير فى كميتها وذلك حسب بعد المنطقة عن البحر (٢ - ٢٠ طن/كم^٢) والجدول التالى يوضح المكونات المختلفة لمياه الأمطار المساقطة على شاطئى ساحل فلسطين.

تأثير البعد عن البحر على المكونات الكيماوية لمياه الأمطار

الرقم	اسم البحر	المسافة	تركيز الايونات ملليجرام / لتر				التوصيل
			منه كم	الكربونات	الكبريتات	الكلوريد	منه كم
١	البحر الابيض	٢٤.٧٧	٢٠.٢٥	١٣.٠٦	١.٨٧	١٨.٨١	٧.٦٦
٢	البحر الابيض	٣٢.٦٩	٢٣.٠٩	١٣.٨٤	٢.١٩	٢٠.٨٤	٨.٠٢
٣	البحر الاحمر	٥٣.٦٤	٢٦.٩٥	٢٦.٩٨	١.٢٢	٢٦.٠٠	٩.٠٦

ولقد وجد Schoeller سنة ١٩٦٢ أن كل من النسب التالية:

$$\frac{\text{مغ}}{\text{كا}} ، \frac{\text{يو}}{\text{ص}} ، \frac{\text{كل} - (\text{يو} + \text{ص})}{\text{كل}}$$

معبراً عنها ملليجرام مكافئ/لتر وذلك:

لمياه الأمطار القريبة من البحر متشابهة لنفس النسب لمياه البحر نفسه وتختلف كثيراً كلما بعدنا عن البحر.

ب- المياه السطحية: يعتمد محتوى المياه السطحية من الأملاح على الصخور التي تتواجد عند منبع هذه المياه وعلى الظروف المناخية للمنطقة وطبيعة الأرض التي تمر فوقها المياه وكذلك التلوث المتوقع بسبب النشاط الإنساني. والمياه السطحية يمكن تقسيمها إلى مجموعتين: المياه السارية (الأنهار) والمياه الساكنة وهي مياه البحيرات. ويتضح من المكونات الرئيسية لمياه الأنهار وذلك عموماً على مستوى العالم أن الأيون السائد لها هو البيكربونات والكبريتات ولما الكاتيونات السائدة فهي الكالسيوم والمغنسيوم كما يتضح ذلك من الجدول التالي:

متوسط مكونات مياه الأنهار في العالم بالجزء في المليون

المكان	يدك	كأ	كل	نأ	كا	مع	ص	يو	المجموع
أمريكا الشمالية	٦٨	٢٠.٠	٨.٠	١.٠	٢١.٠	٥.٠	٩.٠	١.٤	١٢٢
أمريكا الجنوبية	٣١	٤.٨	٤.٩	٠.٧	٧.٧	١.٥	٤.٠	٢.٠	٦١
أفريقيا	٩٥	٢٤.٠	٦.٩	٣.٧	٣١.١	٥.٦	٥.٥	١.٧	١٨٢
آسيا	٧٩	٨.٤	٨.٧	٠.٧	١٨.٤	٥.٦	٩.٣	١.٢	١٤٢
أفريقيا	٤٢	١٢.٥	١١.١	٠.٨	١٢.٥	٣.٨	١١.٠	-	١٢١
أستراليا	٣١.٦	٢.٦	١٠.٠	٠.٥	٣.٩	٢.٧	٢.٩	١.٤	٥٩
العالم	٥٨.٤	١١.٢	٧.٨	١.٠	١٥.٠	٤.١	٦.٢	٣.٣	١٢٠

ج- المياه الجوفية: يتوقف محتوى المياه الجوفية من الأملاح على مصدر التغذية لهذه المياه وكذلك على المسخر الذى تتسرب خلاله هذه المياه، وملوحة المياه الجوفية تعتمد على قوانين الذوبان المختلفة نتيجة لتلامس المياه مع الطبقات الحاملة لها. والتغير فى ملوحة المياه الجوفية أثناء عمليات السحب أو الضخ يكون نتيجة لحدوث عمليات اختزال أو تبادل القواعد أو عمليات النتج وعمليات البخر والهطول.

وغالباً ما تكون عمليات الاختزال ذات طبيعة بيوكيماوية مؤثرة بذلك على تركيز الكبريتات فى المياه الجوفية، فعند تسرب المياه الجوفية خلال التربة يحدث تبادل كاتيوني بين الكاتيونات الذائبة بالمياه الجوفية والمدمصة على معادن التربة تصل إلى الاتزان بينهما. وعموماً محتوى المياه الجوفية من الأملاح يرتفع نتيجة لعملية البخرنتج وكذلك نتيجة عمليات الإذابة وغالباً ما يتأثر بالمناخ. ويوجد توزيع لها فى مناطق محددة حسب محتوى المياه من الأملاح ومحتوى المياه يحدد بواسطة جيولوجية ومناخ المنطقة وكذلك بعمق مستوى الماء الأرضى بها.

د- مياه البحار: تعتبر مياه البحار من المحاليل المعقدة حيث تحتوى على أعداد كبيرة من العناصر المختلفة من أيونات وغازات ومواد عضوية وكائنات دقيقة وأحياء مختلفة ..إلخ. من بين المكونات الكيماوية لهذه المحاليل أيون الكلوريد والذى يعتبر من الأيونات السائدة ويمثل ٥٥ ٪ من بين الكاتيونات. والصوديوم ويمثل ٣٠ ٪ وأما الكبريتات ٧ ٪ والمغنسيوم ٣,٧ ٪ وأما البوتاسيوم ٧١ ٪ أوضح بيكارد Pichard سنة ١٩٦٤ أن مدى ملوحة المياه السطحية للمحيطات المفتوحة يتراوح بين ٢٣ - ٣٧ جم/لتر. وأما القيم المرتفعة من الأملاح قد لوحظت فى المناطق ذات البخر المرتفع مثل البحر الأبيض المتوسط حيث تبلغ ٣٩ جم/لتر والبحر الأحمر وتبلغ ٤٣ جم/لتر.

وكما سبق فإن مياه البحر يمكن استخدامها فى الرى وذلك بعد عمل تنقية صناعية لها بواسطة عمليات التحلية المختلفة. ومثال هذه المعالجة الصناعية يؤدي إلى تغير كامل فى المكونات المختلفة للمياه الناتجة عن مصدرها وهو مياه البحر.

المكونات الصغرى لمياه الرى

ليست كل العناصر الصغرى تتولد فى أى مصدر من مصادر مياه الرى فهى

تظهر بصورة منفردة أو في مجاميع منها. وذلك في الأنواع المختلفة من مياه الري. فالبروم والفلور واليود قد يوجدوا إذا وجد الكلوريد.

ومعظم المياه العذبة تحتوي على أقل من واحد في المليون من الفلور، ٠.٠١ جزء في المليون من البروم ٠.٢ جزء في المليون من اليود.

ومياه الري قد تتواجد بها أيضاً الليثيوم والروبيديوم والمسترانشيوم والباريوم والرادوم ... إلخ. ونظراً لتواجدهم في كميات قليلة جداً فإنهم لا يؤثروا على نوعية المياه. بعض العناصر الصغرى الأخرى قد تظهر في مياه الري مثل السيلينيوم وأيضاً بعض المعادن مثل النحاس والكوبلت والنيكل والزنك والنترينيوم.

وأما عنصر الليورون فيتواجد بتركيزات منخفضة في معظم مياه الري وقد وجد أن أعلى نسبة يورون في مياه الأنهار المالحة في اليابان حيث بلغت ١,٣ - ١,٩ جزء في المليون، واليورون كما هو معلوم من العناصر الضرورية لنمو النبات وخاصة الموالح ويعتبر ساماً لمعظم المحاصيل والنباتات عند التركيزات العالمية فقط والتي تبلغ ٦ - ٨ أضعاف التركيز المناسب.

والليثيوم وجد في بعض أنواع المياه في كاليفورنيا وقد سبب احتراق القمم والحواف ونساقط أوراق الموالح وذلك عند تركيز أقل من ٠.١ جزء من المليون في مياه الري، وأما السيلينيوم والفلور قد وجدوا في بعض الأراضي وكذلك في مياه الري وقد امتصوا بواسطة النباتات دون حدوث أضرار. على الرغم من أنهم يعتبروا ضارين بالنسبة للحيوانات وذلك حتى في التركيزات المنخفضة الحرجة.

ويخضع التركيب الكيماوي لمياه الري إلى تغيرات موسمية مختلفة ولهذا فإن تقييم نوعية المياه يجب أن تعتمد على معلومات عن التغيرات الموسمية التي تحدث في المكونات الكيماوية للمياه حيث تؤثر عليها عدة عوامل مختلفة من بينها الظروف المناخية وخاصة الأمطار ودرجات الحرارة وكذلك على ظروف العمليات الزراعية من غمر وخلافه مما يؤثر على نوعية المياه الجوفية التحت سطحية فقط بينما قد لا يوجد تغيير موسمي للمياه الجوفية العميقة.

المكونات الغير عضوية والعضوية المتعلقة بمياه الري

كل مياه الأنهار تحتوي على مواد عالقة فكمية السلت العالقة والتي تساعد أو ترفع من خصوبة الأرضي تعتمد بدرجة كبيرة على المكونات المعدنية والكيميائية للحبيبات المنقولة، فعند استخدام مياه الأنهار في الري يجب عمل دراسة مستفيضة عن كمية ونوعية السلت المعلق بمياه النهر. فكلما ارتفعت نسبة الكوارتز والمجنيثيت في السلت كلما انخفضت الخصوبة.

بينما إذا ارتفعت نسبة المعادن مثل الفلسبار والميكا وحبيبات الطين والمواد العضوية الحديثة وكذلك الدبال والملت المعلق كلما ارتفعت الخصوبة المتوقعة من مياه النهر. ومنذ عصر قدماء المصريين قد عرفت الخصوبة للسلت الموجود بنهر النيل.

وكما هو معروف فإن الأراضي للمروية بمصر تكونت من المواد العالقة بمياه نهر النيل، وهذه المواد عبارة عن نواتج عمليات التجرية المختلفة للصخور والمكونة لحوض نهر النيل والتي تختلف من موسم لآخر ومن سنة لأخرى وكما يتضح من الجداول التالية التي توضح المكونات المعلقة في نهر النيل.

المواد الصلبة التي يحملها نهر النيل

المادة الصلبة	في المحلول بالطن	المعلق بالطن
المتوسط السنوي الكلي	١٠,٧٠٠,٠٠٠	٥٦,٨٩٠,٠٠٠
المتوسط الكلي لأربعة شهور الفيضان	٧,٢٣٠,٠٠٠	٥٥,٢٠٠,٠٠٠
المتوسط اليومي خلال أشهر الفيضان	٥٩,٠٠٠	٤٥٢,٠٠٠
المتوسط اليومي في بقية أشهر السنة	١٤,٣٠٠	٦,٥٠٠

التحليل الكيماوي للجزء الطيني من المواد

المعلقة في نهر النيل خلال موسم الفيضان

المكون	النسبة المئوية
من أ	٤٤,٤٤
لو أ	١٤,٨١
ح أ	١٣,٩٩

ثانياً: تقييم مياه الري والعوامل المؤثرة على صلاحيتها:

التأثيرات المختلفة لهذه المياه والتي تتمثل فيما يلي:

١- التأثير المباشر والمتمثل في تركيز المحلول الأرضي وكذلك الأملاح الذائبة والممنصة.

٢- التأثير الغير المباشر ولو أنه يختلف باختلاف الظروف إلا أن تأثيراته الآتية واضحة.

أ- نقص امتصاص النبات كنتيجة لارتفاع تركيز الأملاح

ب- تدهور حالة الأرض الطبيعية نتيجة زيادة امتصاص أيون الصوديوم

ج- بعض التأثيرات السامة لمكونات معينة مثل البورون والليثيوم

٣- التأثير التابع لاستخدام مياه الري والمتمثل في:

أ- مد النبات بحاجته من الماء

ب- مد النبات بحاجته من العناصر الغذائية

ج- غسيل الأملاح المتجمعة

د- تحسين بناء الأرض عن طريق امتصاص الكالسيوم بدلاً من الصوديوم

ويعتبر التركيز الكلي للأملاح الذائبة ونوعها من أهم العوامل في تقدير صلاحية الماء للري.

والخواص المحددة لصفات مياه الري هي:

١- التركيز الكلي للأملاح الذائبة.

٢- تركيز الصوديوم بالنسبة لباقي الكاتيونات.

٣- تركيز عنصر البورون أو غيره من العناصر التي قد تعتبر مامة للنبات عند تركيزات معينة.

٤- تركيز الكربونات بالنسبة لتركيز الكالسيوم والمغنسيوم.

٥- تركيز الكلوريد والكبريتات.

وفيما يلي وصف لهذه الخواص المحددة لصفات مياه الري:

(١) التركيز الكلى للأملاح الذائبة

ويعبر عن ذلك بدقة بقياس درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى Electric conductivity بتقدير الأيونات والكاتيونات الذائبة وإضافتها لبعضها أو تبخير كمية ماء الرى للجفاف وتقدر الأملاح بها على أساس نسبة مئوية.

وقد وجد أن تركيز الأملاح بمستخلص الأرض المشبعة لكبر من تركيزها فى مياه الرى المستخدمة من ٢ - ٨ مرات وذلك نتيجة للبخر واستعمال النباتات ولذلك نجد أن استعمال مياه متوسطة أو مرتفعة الملوحة عادة ما ينشأ عنه تركيز مرتفع من الأملاح حتى فى وجود الصرف المناسب.

ويمكن تقسيم ماء الرى حسب درجة التوصيل الكهربائى له والمأخوذ عن معمل أبحاث الملوحة بوزارة الزراعة الأمريكية بولاية كاليفورنيا إلى الأقسام التالية:

أ- ماء منخفض الملوحة: درجة التوصيل له أقل من ٢٥٠ ميكروموز/سم.

ب- ماء متوسط الملوحة: درجة التوصيل له من ٢٥٠ - ٧٥٠ ميكروموز/سم.

ج- ماء مرتفع الملوحة: درجة التوصيل له من ٧٥٠ - ٢٢٥٠ ميكروموز/سم.

د- ماء شديد الملوحة: درجة التوصيل له أكثر من ٢٢٥٠ ميكروموز/سم.

وللمحاصيل الحساسة للملوحة مثل الفول يجب ألا تزيد درجة التوصيل الكهربى لمياه الرى عن ٣٥٠ ميكروموز/سم فى الوقت الذى يمكن استخدام مياه درجة التوصيل الكهربائى لها يصل إلى ٧٥٠ ميكروموز/سم فى حالة المحاصيل ذات المقاومة المتوسطة الملوحة مثل الأرز أما فى حالة المحاصيل المتحملة جداً مثل بنجر السكر والشعير والقطن فيمكن استعمال مياه يزداد تركيزها عن ٢٢٥٠ ميكروموز/سم مع ضرورة تواجد الصرف الجيد مع إضافة زيادة من مياه الرى لاذابة ما يمكن تجمعه كما سوف يتضح فيما بعد.

(٢) تركيز الصوديوم بالنسبة لباقى الكاتيونات

يحتوى ماء الرى على نسب متفاوتة من الكاتيونات لاذابة وهى الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم وقليل من البوتاسيوم أما الأنيونات فهى الكبريتات والكلوريد والكاربونات والبيكربونات وقليل من النترات والفوريد بتركيزات منخفضة.

وتبرز أهمية الكاتيونات الذائبة فى تأثير الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم على

الأراضي بتحويلها إلى أراضي ملحية أو قلوية. حيث زيادة الصوديوم عن الآخرين يحول الأرض إلى القلوية.

ويمكن التعبير عن النسبة بين عنصر الصوديوم وباقى الكاتيونات بالآتي:

$$1- \text{Soluble Sodium Percentage (SSP)} = \frac{\text{Na}}{(\text{Na} + \text{Ca} + \text{Mg})} \times 100$$

$$2- \text{Sodum Aadspottion Ratio (SAR)} = \frac{\text{Na}}{[(\text{Ca} + \text{Mg})/2]}$$

وتفضل SSP عن SAR لارتباط الأولى بالصوديوم المتبادل على سطوح الطين كما سيرد ذكره وقد قسم معمل الملوحة الأمريكية ماء الري من حيث تأثير الصوديوم إلى:
أ- ماء منخفض في نسبة الصوديوم وتتراوح قيمة SAR له بين ٢,٥ - ١٠ ويستخدم في ري جميع الأراضي دون حدوث أى أثر ضار ولكن بعض النباتات الحساسة للصوديوم تتأثر به.

ب- ماء متوسط في نسبة الصوديوم وتتراوح قيمة SAR له بين ٧ - ١٨ حيث يصلح في الأراضي الخشنة القوام ذات المصامية العالية ويسبب مشاكل في الأراضي الثقيلة.
ج- ماء مرتفع في نسبة الصوديوم وتتراوح قيمة SAR له بين ١١ - ٢٦ ويستخدم لاستخدامه إضافة الجبس مع كفاية الاحتياجات الغسيلية وأن تكون نفاذية الأرض عالية.
د- ماء نسبة الصوديوم مرتفعة جداً وقيمة SAR أكثر من ٢٦ ولا ينصح باستعماله إلا إذا كان تركيز الأملاح الكلى بالماء منخفض مع ضرورة خلطه بالجبس.
وعموماً وجد أن قيمة SAR ترتبط بالتركيز الكلى للأملاح حيث يزيد التأثير الضار لقيم الـ SAR في زيادة التركيز الكلى للأملاح والعكس.

(٣) تركيز البورون

يعتبر البورون عنصراً أساسياً في تغذية النبات لاحتياجه إليه بكميات ضئيلة أقل من جزء في المليون وتختلف النباتات في احتياجاتها إليه، فيكفي لنبات البرسيم الحجازي ٠,٥ جزء في المليون في الوقت الذي يعتبر هذا التركيز ساماً بالنسبة للأشجار الليمون.
١-٢ جزء في المليون في الوقت الذي يعتبر هذا التركيز ساماً بالنسبة للأشجار الليمون.
والبورون عنصر من السهل التخلص منه بالغسيل إلا إذا كان موجوداً ضمن مكونات الأرض نفسها قبل زراعتها. وقد وجد أنه باستعمال معدلات الغسيل لخفض ملوحة

الأرضي أن كمية المياه المستخدمة والتي يمكنها أن تخفض من ملوحة الأرضي إلى الحد الذي معه يمكن للنبات أن ينمو طبيعياً بها لا تكفي لخفض سمية البورون بهذا الأرضي ويتضح ذلك من الجدول الآتي:

تركيز البورون جزء في المليون	التوصيل الكهربى ملليموز/سم	عمق ماء الرى بالقدم
٥٤,٠	٦٤,٠	٠
٦,٩	٧,٤	٤
٧,٤	٣,٤	٨
١,٨	٣,٣	١٢

وعموماً يمكن القول أن تركيز البورون بالنسبة للنباتات الحساسة يجب أن يكون أقل من ١,٧ جزء في المليون والنبات الغير حساس يجب ألا يزيد عن ١,٥ جزء في المليون.

(٤) تركيز الكربونات والبيكربونات

عندما يزداد تركيز المحلول الأرضي نتيجة فقد الماء بالتبخير أو نتيجة امتصاص النبات فإن وجدت البيكربونات بكمية أكبر من الكالسيوم والمغنسيوم فإن الزيادة من البيكربونات بعد ترسيب الكالسيوم والمغنسيوم سوف تتحد مع الصوديوم مكونه كربونات الصوديوم ذات التأثير الضار والمعتولة جزئياً عن تحول الأرض إلى أرض قلوية. وقد استخدم Eaton, 1950 بعض التعبيرات للدلالة على هذه العلاقة كما يلي:

أ- النسبة المئوية للصوديوم المحتمل (Possible Sodium Percentage (PSP)

$$PSP = \frac{Na}{(Ca + Mg + Na) - (CO_3 + HCO_3)} \times 100$$

حيث لا تزيد الكربونات والبيكربونات عن تركيز الكالسيوم والمغنسيوم.

ب- كربونات الصوديوم المتبقية Residual Sodium Carbonate

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

وأوضح Wilcox عام ١٩٥٤ بمعمل للملوحة بأمريكا أن المياه المحتوية على أكثر

من ٢,٥ ملليمكافى فى اللتر من كربونات الصوديوم المتبقية تعتبر غير صالحة للرى والمياه المحتوية على ١,٢٥ - ٢,٥ تعتبر نصف صالحة للرى والمياه المحتوية على أقل من ١,٢٥ تعتبر صالحة.

(٥) تركيز الكلوريد والكبريتات

أن معظم الأملاح الذائبة يمكن أن توجد فى صورة كلوريدات وكبريتات لذا فإن تقدير هذين المكونين سوف يعطى فكرة حقيقية عن كمية الأملاح الكلية الذائبة كما أن الكلوريد عند وجوده بتركيزات عالية سوف يمتصه للنبات ويجمعه داخل خلاياه مما يترك أثره السام على النبات ممثلاً فى احتراق الأوراق.

أما تأثير الكبريتات فيعزى إلى ترسيبها للكالسيوم فى المحلول الأرضى مما يزيد من الصوديوم الذائب وبالتالي يمتصه النبات فيؤدى ذلك إلى عدم حدوث توازن فسيولوجى فى نسبة للعناصر الممتصة مما يؤثر على النبات. ولقد وجد أن نفس التركيز من أيون الكبريتات يكون عادة نصف التأثير الضار لنفس التركيز من أيون الكلوريد كما أن فرصة تكوين الملوحة نتيجة لوجود الكبريتات أقل من احتمال تكوينها نتيجة لوجود الكلوريد.

وقد استخدم Doneen تعبير جهد الملوحة Potential Salinity عند قياس مدى صلاحية الماء للرى بالنسبة لاحتوائه على أيونات الكلوريد والكبريتات.

$$\text{Potential Salinity} = \text{Cl} + \frac{1}{2} \text{SO}_4 \text{ meq/L}$$

وقد أوضح Doneen أن التركيز المسموح به يتوقف على:

أ- حالة نفذية الأرض وكفاءة الصرف.

ب- نسبة الصوديوم الموجودة فى ماء الرى بالنسبة لبقية المكونات.

ج- تأثير عامل المطر وكميته وتوزيعه.

أهمية الكربونات فى مياه الرى

وأوضح Eaton سنة ١٩٥٠ أنه إذا وجد الكالسيوم والمغنسيوم فى ماء الرى بكمية أكثر من الصوديوم فإنهما سوف يكونا لهما السيادة فى عملية التبادل والامتصاص أما إذا وجدت الكربونات والبيكربونات بكمية أكبر فإنها سوف ترسب الكالسيوم والمغنسيوم وتصبح السيادة للصوديوم فى المحلول الأرضى.

الباب الرابع علاقة الأرض والماء

Soil - Water Relationship

كما ذكرنا من قبل أن عملية الاستصلاح والرى والصرف تجرى فى أهم مصدرين من مصادر الثروة الطبيعية وهى الأرض والماء. ويجدر بنا دراسة علاقة كل منهما بالآخر وللتى تؤثر على عملية الرى. وتشمل هذه الدراسة معرفة الخواص الهيدروفيزيائية للأرض وصور الماء بالأرض والمحتوى الرطوبى للأرض وطرق التعبير عنه.

أولاً: الخواص الهيدروفيزيائية للأرض Soil hydro-physical properties
من المعروف أن الأرض تتكون من ثلاثة صور "صلبة وسائلية وغازية". والصوره الصلبة تكون إما عضوية او مكونة من الحبيبات ذات الأقطار المختلفة وتكون إما فى صورة منفردة أو متجمعة فى حبيبات أكبر منها وهذه الحبيبات تكون مرتبطة فى نظام معين يحجز بينهم مجموعة من المسام المختلفة وأحجام مختلفة. ويتحرك الماء خلال هذه المسام وفقاً للخواص الطبيعية لهذا النظام وتشمل هذه للخواص التالى:

أ- قوام الأرض Soil texture

يعرف القوام بأنه نسب المجموعات ذات الأحجام المختلفة لحبيبات الأرض بالنسبة لبعضها البعض وهى الرمل (٠,٠٢ - ٢ مم) والملت (٠,٠٢ - ٠,٠٢ مم) والطين (أقل من ٠,٠٢ مم) وإذا زادت نسبة مجموعتى الطين والملت تصبح الأرض ثقيلة القوام وعلى العكس إذا زادت نسبة مجموعة الرمل أصبحت الأرض متوسطة الى خفيفة القوام. ويمكن تقدير القوام بعدة طرق حقلية ومعملية مختلفة فيمكن تقديره حقلياً عن طريق الملمس وفى المعمل بطريقة الهيدرومتر أو طريقة الماصة وتوقع بعد ذلك النتائج على مثلث القوام ومنه يمكن تحديد اسم الأرض ودرجة قوامها. فإذا كانت الأرض محتوية على نسبة كبيرة من الحبيبات الخشنة مثلاً فنجد أن حركة الماء بها تزداد سرعتها وإذا كانت النسب تقريباً متساوية بين مجموعات الحبيبات بها نجد أن خواصها المائية المتعلقة بالرى تكون جيدة وبالتالي تسهل عمليات الرى.

ب- بناء الأرض Soil structure

من المعلوم أن الوحدات الأولية للأرض (الحبيبات) تتراكب مع بعضها مكونة بناءاً منفرداً أو حبيبات مجمعة Aggregates ومن المعروف أيضاً أن البناء الفردى يكون أيضاً منتشراً فى الأرض ذات القوام اللخشن مثل الأراضى الرملية. ولكل نوع من

الأرضى له شكل الحبيبات المتجمعة الخاصة به مثل البناء المحبب والبناء للعمودى والبناء الطبقي والصفائحى ... إلخ، ويهنا فى هذه الخاصية شيئين وهما علاقة أنسواع البناء هذه بسهولة مرور المياه خلالها ثم ثبات هذه الوحدات البنائية ضد القوى المائية المؤثرة عليها. فنجد أن البناء الفردى والمحبب لهم خاصية سرعة مرور الماء خلالهما بينما البناء الكتلى والعمودى يكون سرعة مرور الماء خلالهما متوسطة أما البناء الطبقي والمندمج فتكون سرعة الماء خلالهما بطيئة بالمقارنة بالأنواع السابقة.

والدور الأساسى فى تكوين بناء التربة ترجع إلى الغرويات العضوية (الدبال الأرضى) والتي فى وجود الكالسيوم تجمع الحبيبات فى صورة حبات مركبة ثابتة ضد الماء ولكن للوحدات البنائية الأكثر ثباتاً ضد الماء التى تحتوى بالإضافة إلى المواد العضوية على غرويات حديد (أكسيد حديد متآدته). فى عملية التبادل التجميعى بين المواد الدبالية وأكاسيد الحديد المتآدته تتم عملية تكوين البناء الدائم ضد الماء ومثال لذلك ما يحدث فى أراضي المناطق للتح استوائية (الكراستوزيم) والاستوائية (الانثريت) حيث يتكون بناء ثابت ضد الماء لوجود كميات كبيرة من الحديد الغروى. وكتلة الأرض المجمع والمتمحمة بواسطة الغرويات تنهد إلى حبيبات ذات أشكال وأحجام مختلفة وتتم العملية بواسطة التزخيف وتقلبات الحرارة وعوامل فيزيائية أخرى ويمكن تحسين بناء التربة بواسطة حرث للتربة وإضافة المواد العضوية وكذلك بإضافة المركبات المخالطة الصناعية. وذلك لأنه عند تحسين البناء يسهل مريان الماء خلالهما فى عملية الرى بالإضافة إلى تحسين الخواص الكيميائية والبيولوجية للتربة.

ج- كثافة الأرض Soil density

الأرض كجسم مسامى نجد أن لها نوعين من الكثافة: كثافة ظاهرية وهى كتلة وحدة الحجم الكلية منها بما فى ذلك الصلب والفراغات بينهم والكثافة الحقيقية وهى كتلة وحدة الحجم للجزء الصلب فقط والقيمة التقريبية للكثافة الحقيقية فى الأرض المعدنية حوالى ٢,٦٥ جم/سم^٣ بينما تقل عن ذلك فى الأرضى العضوية ولما الكثافة الظاهرية فتختلف حسب قوام وبناء الأرض وتتراوح ما بين ١ إلى ١,٨ جم/سم^٣. وتقيد معرفة وتقدير الكثافة الظاهرية فى حساب كمية المياه لداخلية والخارجة للتربة ووصولها لمستوى رطوبى معين وذلك عند دراستنا للرى.

د- المسامية Porosity

يمكن التعبير عن المسامية في التربة بطريقتين إما بنسبة الفراغات إلى الحجم الكلى للتربة أو بالنسبة لحجم الصلب. فالمسامية الكلية للأرض يعبر عنها كنسبة مئوية إلى الحجم الكلى للأرض وهذه ليس لها وحدات وتختلف قيمتها في الأرض المعدنية من ٢٥ - ٦٠% ولكن غالباً ما تقع في المدى بين ٤٠ - ٥٠% أما في الأراضي العضوية Peaty soils فنجد أنها قد تزيد عن ٩٠% والاختلاف الكبير في قيمة المسامية الكلية يرجع أساساً إلى بناء التربة والذي قد يكون كما ذكرنا من قبل إما مفرد أو متكتلاً وهذا بدوره يعتمد على درجة تحبب الأرض.

فإذا أخذنا كمثال أرض نموذجية محتوية على حبيبات كروية ذات قطر واحد فنجد أن المسامية الكلية بها تتراوح ما بين ٤٧ - ٦٤%. وفي حالة إذا كانت موجودة في صورة مفككة على نظام المكعبات تصل قيمة المسامية الكلية إلى ٩٥% و٢٥% إذا ما كانت الحبيبات متماسكة مع بعضها في نظام شكل سداسي الأوجه - وتتوقع دائماً في الطبيعة النظام السداسي الأوجه.

ويمكن التعبير عن المسامية الكلية بدلالة الكثافة الظاهرية والحقيقة حسب المعادلة التالية:

$$E = \left(1 - \frac{Da}{Ds}\right) 100$$

حيث E المسامية الكلية %

Da = الكثافة الظاهرية جم/سم^٣

Ds = الكثافة الحقيقية جم/سم^٣

ويمكن أيضاً التعبير عنهما بدلالة الحجم الحقيقي والحجم الظاهري كالتالي:

$$E = \left(1 - \frac{Vs}{va}\right) 100$$

حيث Vs الحجم الحقيقي أو حجم الصلب، مم^٣

Va = الحجم الظاهري، مم^٣

وبهنا من ناحية الرى والصرف ليس فقط نسبة المسام ولكن أيضاً توزيعها

الحجمى. والذي يحدد هذه المسام وأبعادها هو حجم الحبيبات المركبة الصغيرة والكبيرة المكونة للنظام البنائى لهما. فى الأرض النموجية التى ذكرناها سابقاً نجد أن أقطار المسام ما بين ٠,٤١ سم و ٠,٧٣ سم إذا كان البناء مكعبى ومن ٠,٢٨٨ سم إلى ٠,٥٥ سم إذا كان البناء سداسى الأوجه. ولما فى الأرض الطبيعية والتى تحتوى على حبيبات تختلف اختلافاً كبيراً فى شكلها وأقطارها، نجد أن قطر المسام يتراوح ما بين بضعة ملليمترات إلى آلاف الميكرونات أو أقل ونجد أن المسام ما بين الحبيبات المركبة تتصل ببعضهما بواسطة ممرات أضيق وهذه كلها تمثل الجزء للمسامى من التربة ونتيجة لذلك نجد أن الأنابيب الشعرية فى التربة تأخذ لشكل سلاسل توصل المسام ببعضها ويهنا من وجهة نظر الرى والصرف كما ذكرنا ليس للنسبة الكلية للمسام ولكن توزيعها فمثلاً الأرض الطينية لها مسامية كلية أكبر من الأرض الرملية إلى أن نسبة المسام الدقيقة بينهما أكبر بحيث تساعد على احتفاظهما بالماء بينها وتصبح حركته بينما يكون العكس تماماً فى الأرضى الرملية حيث تحتوى على نسبة كبيرة من المسام الكبيرة التى تمرر الماء خلالها بسهولة.

هـ- الارتفاع الشعرى Capillarity

كما هو معروف فإن سرعة الارتفاع الشعرى للماء يعتمد على قطر الأنابيب الشعرية فهى تنخفض بنقص القطر وتزيد بكون القطر. ولهذا نجد أن الماء يرتفع بسرعة أكبر فى الأرض الرملية والأرضى الخفيفة ولكن إلى ارتفاع قليل، وأما فى الأرضى الطينية نجد أنه يرتفع بسرعة أقل ولكن لارتفاع أكبر. ومعدل الارتفاع يقل عن البداية وذلك لأنه من الدقائق الأولى تبدأ المياه فى الارتفاع فى الأنابيب أو الفراغات الشعرية الصغيرة والكبيرة معاً إلى أن تصل إلى قرب أقصى ارتفاع شعرى نجد أن الارتفاع فى الفراغات الشعرية الكبيرة يتوقف ولا يحدث الارتفاع سوى فى الفراغات الشعرية الصغيرة وسرعة الارتفاع الشعرى فى الأرض الجافة أقل من سرعتها فى الأرضى المبتلة. ويبدأ الارتفاع الملحوظ عندما يصل الارتفاع فى نسبة الرطوبة إلى ٥٠ % من السعة الحقلية. وإذا احتوت التربة أساساً على نسبة من الصوديوم المدمص نجد أن الخاصية الشعرية بها تنخفض بزيادة نسبة الصوديوم فقد لوحظ أن الارتفاع الشعرى فى

أرض غير ملحية يصل إلى ٩,٢ سم يحتاج إلى ٤ ساعات وعشرة دقائق بينما إذا ارتفعت نسبة الصوديوم وبلغت نسبتها إلى الكالسيوم ٨ : ١٠٠ فإن الارتفاع الشعري إلى لمصافة ٩,٥ سم يحتاج إلى ٣١ ساعة وتصل إلى ٣٦٠ ساعة إذا كانت نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم ٥٢ : ٤٨.

ويرتفع الماء خلال المسام الشعرية في التربة تحت تأثير قوى الجذب أو التوتر السطحي حسب قطر الأنبوبة الشعرية المكونة لها ويعرف الارتفاع الشعري بالارتفاع H_e وهذا يتوقف على زاوية الابتلال ونصف القطر حسب القانون التالي:

$$H_e = \frac{2 \sigma \cos \theta}{r D_L g}$$

حيث r = نصف قطر الأنبوبة الشعرية

σ = التوتر السطحي، داین/سم

D_L = كثافة السائل، جم/سم^٣

g = عجلة الجاذبية الأرضية، سم/ث^٢

θ = زاوية الابتلال، °

والجدول التالي يوضح الارتفاع الشعري للماء لبعض أنواع الأراضي حسب قوامها من رملية خشن إلى طينية ثقيلة.

نوع الأرض	الارتفاع الشعري، سم
رمل خشن	٢ - ٣,٥
رمل متوسط	١٢ - ٣٥
رمل ناعم	٣٥ - ٦٠
رملية سلتية	٦٠ - ١٢٠
سلتية	١٢٠ - ١٦٠
طينية	٣٠٠ - ٤٠٠

و- النفاذية ومعدل التسرب Water permeability and infiltration rate

هذه الخواص تعكس قابلية التربة للتشبع ولرشح الماء بمسرعات مختلفة خلالها.

وخطوات عملية امتصاص التربة للماء تتم على الوجه التالى:

أولاً: يتم الترطيب ثم الابتلال وأخيراً الرش ويتم الترطيب فى الحقائق الأولى لاستقبال التربة للماء وهذه تتم بواسطة الخاصية الشعرية والتشرب، أما الابتلال فيبدأ عندما يتم ترطيب التربة وامتلاء جميع فراغاتها بالماء وهنا يبدأ الماء فى التحرك تحت تأثير الجاذبية الأرضية. ويعتبر سرعة مرور الماء خلال الأرض أو معدل تسربه خلال سطح الأرض من الخصائص الهامة فى عملية الرى وذلك لأنه إذا قل معدل التسرب عن معدل إضافة الماء عن طريق الرى أو الأمطار فإنه يحدث تجمع للمياه على السطح وتحدث تعرية ولذلك أضرب كثيرة للخواص الطبيعية للتربة. وبهنا تقدير هذه الخاصية فى عملية الرى وذلك لأنه بناء على معرفة وتقدير هذه الخاصية تصمم المعادلات والطرق المناسبة لرى المحاصيل فى المناطق المختلفة، وهناك عدة طرق حقلية ومعملية لتقدير هذه الخاصية. وجهاز قياس معدل التسرب الأكثر شيوعاً لنظم الرى بالرشح والتقطيظ هو جهاز الحلقة المزدوجة Double ring infiltrometer والذي يتكون من اسطوانة حديدية خارجية بأقطار تتراوح بين ٢٠ - ٤٠ سم والتي تدق فى الأرض. ويقاس معدل لتسرب أو للرشح بغمر الأرض داخل الاسطوانة بارتفاع ثابت من الماء فوق سطح الأرض ثم يقاس معدل الرشح بواسطة معدل هبوط المسطح الحر للماء أو الماء اللازم تعويضه للمحافظة على مستوى سطح الماء داخل الاسطوانة ويحاط بالاسطوانة الداخلية اسطوانة أكبر خارجية تكون محيط جانبي من المياه حول اسطوانة القياس بنفس ارتفاع المياه.

ويقاس معدل الرشح أو التسرب فى حالة الرى بالخطوط يتم عن طريق حجز عدد ثلاثة خطوط بأبعاد الزراعة التى سوف يتم الزراعة عليها وذلك بطول ١ متر ثم يتم قياس التسرب من داخل الخط الوسطى بينما الخطين الجانبين يستخدموا كخطوط حماية وفى هذه الحالة فإن معدل الرشح سوف يقيس ليس فقط للتسرب من سطح الأرض ولكن من جانبي الخط أيضاً.

ثانياً: صور الماء بالأرض Forms of soil water

يتخذ الماء عدة صور فى دحل الأرض وقد بدأ فى دراسة هذه الصور عديد من العلماء من بينهم العالم الروسى لبييف والذى قسم الماء فى الأرض ثم تلاء علماء كثيرون أخوا بعض الدقة والإضافة إلى هذا التقسيم وقد ساعد فى التعرف على هذه الصور معرفة البناء التركيبى لجزيئات الماء وكذلك سلوكه الطبيعى والكيمائى وعلاقته بالأجزاء المعدنية الأخرى للتربة.

والتقسيم الحالى للماء فى الأرض للوجه التالى:

- ١- ماء فى صورة بخار.
- ٢- ماء مرتبط ارتباطاً فيزيائياً.
- ٣- ماء شعري.
- ٤- ماء حر.
- ٥- ماء فى صورة مقيدة.
- ٦- ماء مرتبط فى صورة كيمائية.

١- الماء فى صورة بخار

هو الماء الموجود فى الهواء الأرضى والذى يملأ فراغات للتربة ويتحرك كغاز إلى المكان ذو الضغط المنخفض من المكان ذو الضغط المرتفع.

٢- الماء المرتبط ارتباطاً فيزيائياً

وهو ينقسم إلى ماء هيجروسكوبى وهو الممسوك بشدة ويعرف بماء الامصاص والآخر ماء غشائى وهو الممسول بقوة لقل والماء الهيجروسكوبى ينتج من الامصاص حبيبات التربة لبخار الماء وتمسكه بقوة شديدة تبلغ ١٠٠٠ ضغط جوى وتبلغ كثافة هذا الماء فى المتوسط ٢ جم/سم^٣ ولهذا فهو يتجمد عند درجة - ٧٨ م وهذا الماء ليس له ضغط هيدروستاتيكى وذلك لأنه يكون طبقة غير منتظمة السمك.

أما الماء الغشائى فهو الماء الممسوك بقوة لقل ويتكون نتيجة لتكثيف بخار الماء مكوناً الطبقة الثانية حول الماء الهيجروسكوبى وهو يتحرك من الأغلفة الأكثر سمكاً إلى الأقل سمكاً وأيضاً ليس له ضغط هيدروستاتيكى. وكلا للصورتين يمكن فصلهم عن الأرض بالتجفيف على درجة حرارة ١٠٥ - ١١٠ م لمدة ٢٤ ساعة.

٣- الماء الشعري

وهو الماء الموجود في المسام والفراغات الشعرية كما سبق القول وله ضغط هيدروستاتيكي ويتجمد عند درجة حرارة أقل من الصفر ويتحرك تحت تأثير قوى الجذب أو القصد.

٤- الماء الحر

ويعرف أحياناً بماء الجذب الأرضي حيث أنه يتحرك خلال الفراغات بين حبيبات التربة تحت تأثير الجاذبية الأرضية وله ضغط هيدروستاتيكي. ويجب هنا التفرقة بين الماء الراشح Infiltration water والذي يتحرك من أعلى إلى أسفل إلى أن يصل إلى سطح الماء الأرضي. ولانوع الآخر من الماء الحر والذي يكون موجوداً في طبقات الأرض الحاملة والمشبعة بالماء والذي يتحرك تحت تأثير قوى أخرى بالإضافة إلى قوة الجاذبية الأرضية.

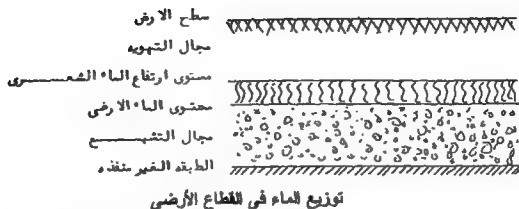
٥- الماء في الصورة المقيدة

وهو الماء الموجود في صورة بلورات مائية جليدية أو في صورة عديسات بين الطبقات الأرضية أو في طبقات محصورة.

٦- الماء المرتبط في صورة كيميائية

وهو الموجود في بلورات المعادن المختلفة والأملاح الموجودة بالتربة وينقسم إلى ماء بللوري في بلورات المعادن مثل الجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ وهذا يمكن فصله على درجة حرارة حوالي 300°C . وماء آخر دخل للتركيب الكيميائي على صورة هيدروكسيل وهيدروجين وذلك في البناء الجزيئي للمعادن وهذا الماء يمكن فصله بواسطة التحطيم الكامل لهذه الجزيئات برفع درجة الحرارة إلى أعلى من 1000°C .

والرسم التالي يوضح توزيع الماء في التربة للعمق القريب من السطح والذي ينقسم إلى مجال التهوية أو التبادل الهوائي وفي هذا العمق نشاهد عمليات رشح الماء من أعلى إلى أسفل حيث يتجمع في الطبقة التي أسفل الطبقة الغير منفذة مكوناً عمقاً مشبعاً بالماء أو طبقة حاملة للماء يعلوها مجال الماء الشعري.



توزيع الماء في اللقطاع الأرضي

ثالثاً: طرق تقدير المحتوى الرطوبي Methods of soil water determination

يمكن للتعبير عن المحتوى الرطوبي بالأرض بعدة طرق، والطريقة الشائعة هي وزن الماء إلى وحدة الوزن من الأرض للجافة أو وزن الماء إلى وحدة الحجم من الأرض الرطبة أو حجم الماء إلى وحدة الحجم من الأرض للرطبة. وكذلك يمكن التعبير عن المحتوى الرطوبي بارتفاع عمود الماء على وحدة المسطوح من الأرض كما يلي

أ- المحتوى الرطوبي كنسبة مئوية من الوزن الجاف P_w ويعبر عنها بالعلاقة:

$$P_w = \frac{W}{M} \times 100$$

حيث W وزن الماء الموجود بالعينة (جم)، M هو وزن العينة الجافة ١٠٥ - ١١٠ م لمدة ٢٤ ساعة.

ب- المحتوى الرطوبي كنسبة مئوية من الحجم للرطب P_v ويعبر عنها بالعلاقة:

$$P_v = P_w \frac{D_s}{D_w}$$

حيث D_s الكثافة الظاهرية للأرض (جم/سم³) و D_w كثافة الماء (جم/سم³) وهذه الطريقة للتعبير عن المحتوى الرطوبي على أساس الحجم هي الطريقة المتبعة في عمليات الري للتعبير عن حجم الماء الموجود في الحجم للملائم لنمو الجنور بالتربة لمعرفة لكمية المتوفرة والازمة لنمو النبات.

ج- المحتوى الرطوبي كارتفاع عامود الماء d ويعبر عنها بالعلاقة:

$$d = D \left(\frac{P_w}{100} \right) \frac{Da}{D_w}$$

حيث (D) تمثل عمق الأرض المراد رفع محتواه الرطوبي، (d) هو ارتفاع عمق الماء على وحدة السطح اللازمة لرفع المحتوى الرطوبي بالقدر P_w . وكثيراً ما تستخدم هذا المصطلح للتعبير عن المحتوى الرطوبي المشغولون بعملية الري وذلك لتحديد كمية المياه اللازمة لتوصيل عمق معين من الأرض إلى درجة رطوبة معينة. وقد اتفق على استخدام بعض التعاريف لمستويات من المحتوى الرطوبي للأرض والتي تعبر عن مدى احتفاظ الأرض بنسبة رطوبة معينة وكذلك مدى توافرها بالنسبة للنبات وهذه المستويات تختلف باختلاف قوام الأرض. ويمكن التعبير عنها إما في صورة الجهد الممسوك به الماء عند هذا المستوى أو كنسبة مئوية على أساس الوزن الجاف وهذه المستويات هي:

١- السعة الحقلية (FC) Field capacity

وتعرف بأنها ذلك المستوى من المحتوى الرطوبي والذي عنده تحفظ الأرض بالماء بعد صرف المياه الحرة الزائدة ويمكن أن تصل إليه التربة بعد ريثا " أو بعد سقوط الأمطار " بيومين أو ثلاثة أيام وتختلف نسبته باختلاف قوام الأرض. ويرجع أهمية السعة الحقلية من الناحية الزراعية في أنها تمثل الحد الأعلى للماء المتاح للنبات.

ويمكن تقديرها في المعمل عن طريق استعمال اسطوانات تمثل بالارض بنفس كثافتها الظاهرية بالحقل ثم يضاف إليها الماء وعندما ينعم خروج الماء الزائد يقدر محتواها الرطوبي. كما يمكن أيضاً تقديرها بتعريض عينة مشبعة من الأرض لقوة شد أو ضغط قدرها من ٠,١ - ٠,٣٣ ضغط جوي ثم تقدر نسبة الرطوبة بها فتكون مساوية تقريباً للسعة الحقلية في كل من الأرض الخفيفة والثقيلة على التوالي.

ويمكن تقديرها في الحقل بعمل حوض مربع بملأ بالماء ويسمح للمياه بتشبيع التربة ويغطى السطح لمنع البخر ثم تتابع أخذ عينات لتقدير الرطوبة في عمق الجذور إلى أن يحدث تجانس أو تساوى لكمية الرطوبة في عمق الجذور بعد إعادة توزيعها وذلك بعد ٢٤ و ٤٨ و ٧٢ ساعة ويحسب المحتوى الرطوبي عند ذلك المستوى في عمق الجذور والذي سوف يمثل السعة الحقلية لهذه الأرض.

٢- نقطة الذبول المستديم (PWP) *Permant wilting point*

وهي ذلك المستوى من المحتوى الرطوبي للأرض والذي يحدث عنده انخفاض مستديم للمحتوى الرطوبي للنبات مسبباً حالة من الذبول الدائم للنبات بحيث لا يمكن استعادة حيويته عندما يوجد في جو مشبع ببخار الماء. وهذه النسبة من الرطوبة تعتمد على نوع الأرض بصرف النظر عن النبات المزكى ولو أنه توجد نباتات قياسية وحساسه لنسبة الرطوبة تستخدم كدليل لتحديد هذه النقطة.

كما يمكن تقدير هذه النسبة أيضاً إذا ما شبت عينه الأرض بالماء ثم عرضت لضغط قدره ١٥ ضغط جوى وقدر قيمها نسبة للرطوبة بعد ذلك.

٣- درجة التشبع (*Saturation percentage (SP)*)

وتعرف بأنها ذلك المستوى من المحتوى الرطوبي والذي عنده تمتلئ جميع مسام الأرض بالماء وتقدر في المعمل بواسطة إضافة الماء في عينة الأرض حتى تصبح عينة ذات سطح لامع ثم يقدر بها نسبة للرطوبة بعد ذلك. وترجع أهمية درجة التشبع لوجود علاقة تقريبية قد لا تكون صحيحة في بعض الظروف بين درجة التشبع والسعة الحقلية وكذلك الذبول المستديم. فكثيراً ما يكون المحتوى الرطوبي عند درجة التشبع مساوياً لضعف السعة الحقلية وأربعة أمثال نقطة الذبول المستديم.

٤- المكافئ الرطوبي (*Moisture equivalent (ME)*)

يعرف بأنه ذلك المستوى من المحتوى الرطوبي معبراً عنه كنسبة مئوية للرطوبة التي تحتفظ بها الأرض وذلك بعد تشبعها ثم تعريضها لقوة طرد مركزي قدرها ١٠٠٠ جاذبية أرضية على الجرم لمدة نصف ساعة في جهاز الطرد المركزي ويكتسب المكافئ الرطوبي أهمية في أنه في الأراضي الثقيلة للقوام يكون مساوياً للسعة الحقلية إذا كانت قيمته ٢١ % بينما يقل عن السعة الحقلية إذا كانت قيمته أقل من ٢٣ %. وفي الأراضي المتوسطة للقوام فإنه يكون مساوياً للسعة الحقلية إذا كانت قيمته تتراوح ما بين ١٢ - ١٤ % أما إذا قل عن ذلك فإنه يقل عن السعة الحقلية بكثير، وفي الأراضي الخشنة للقوام نجد أنه يكون مساوياً لنصف السعة الحقلية.

٥- الماء المتاح (AV) Available water

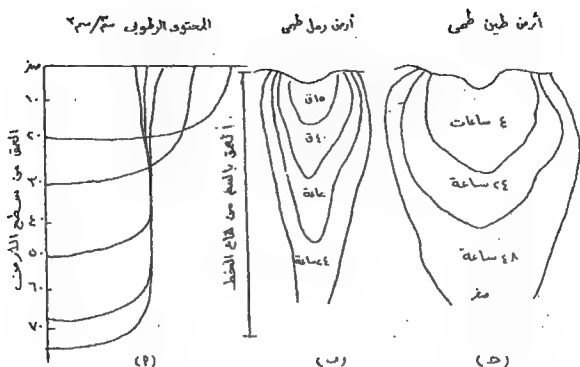
من المعلوم كما سبق أن عملية الرى الهدف منها هو توفير الرطوبة الملائمة للنمو النبات فى عمق الجذور، وينتج من هذا أنه يجب معرفة كمية المياه المتوفرة للنبات والتي يمكن استغلالها فى عملية البخرنتح Evapotranspiration والتي يتحصل عليها من عمق من التربة. ويعرف بأنه ذلك القدر من المحتوى الرطوبى الذى يمثل الحد الأعلى له للسعة الحقلية وللحد الأدنى له نقطة الذبول المستديم.

وتوجد عدة عوامل تؤثر على هذا الماء المتاح للنبات منها الأرض وقوامها ومحتواها من المادة العضوية والأملاح وكذلك عمق قطاع الأرض. والجداول التالى بين القيم التقريبية للماء المتاح لبعض أنواع الأرضى ذات القوام المختلف محسوبة كنسبة مئوية على أساس الوزن الجاف.

قوام الأرض	السعة الحقلية	الذبول المستديم	الماء المتاح
طينية	٣١ - ٣٩ %	١٥ - ١٩ %	١٦ - ٢٠ %
ملائية طينية	٢٧ - ٣٥ %	١٣ - ١٧ %	١٤ - ١٨ %
طينية طميية	٢٣ - ٣١ %	١١ - ١٥ %	١٢ - ١٦ %
طينية	١٨ - ٢٦ %	٨ - ١٢ %	١٠ - ١٤ %
رمالية طينية	١٠ - ١٨ %	٤ - ٨ %	٦ - ١٠ %
رمالية	٦ - ١٢ %	٢ - ٦ %	٤ - ٦ %

٦- القطاع الرطوبى (MP) Moisture profile

بعد الرى نلاحظ أن الرطوبة تتوزع بعد فترة معينة خلال عمق القطاع الأرضى بحيث يصبح القطاع متجانساً فى محتواه الرطوبى. وتتحرك المياه إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية كما هو موضح بالشكل التالى. وتختلف الأرضى المختلفة فى الزمن اللازم لتوزيع الرطوبة فى القاع الأرضى وذلك حسب معامل التوصيل الهيدرولى لها والذى يعتمد على قوى الشد الرطوبى فى الحالة للغير مشبعة. ويستفاد من القطاع الرطوبى بعد إعادة توزيع الرطوبة به فى تحديد عمق الابتلال ولزمن اللازم لذلك وكذلك النسبة المئوية للرطوبة عند أى عمق، وبذلك يمكن معرفة كمية مياه الرى اللازمة لترطيب العمق المناسب إلى السعة الحقلية.



فمثلاً الزمن اللازم لتوصيل عمق معين فى أرض رملية إلى السعة الحقلية يبلغ ساعتين تقريباً بينما يحتاج إلى نفس العمق مثلاً إلى يومين فى أرض جيرية وثلاثة أيام إذا كانت الأرض طينية.

أما بالنسبة لتوزيع الرطوبة أفقياً فى القطاع الأرضى فهذه ستعتمد على الخاصية الشعرية لهذه الأرض وذلك حتى فى وجود الماء الحر أو ماء الجذب الأرضى. ويلاحظ أن الأرضى الطينية تنصف بزيادة الحركة للمياه بواسطة الخاصية الشعرية عن الأرضى الرملية وتتوقف حركة المياه الجانبية على توفر المياه الحرة وعلى سبيل المثال فى بطن الخط عند الرى بالخطوط. ولكن إذا كان الصرف جيداً بالقطاع الأرضى يلاحظ أن الحركة الجانبية للمياه بواسطة الخاصية الشعرية تقل ولا يمكن الاعتماد عليها فى توزيع الرطوبة بصورة متجانسة فى الاتجاه الأفقى ويتضح ذلك من الشكل السابق.

رابعاً: طرق قياس المحتوى الرطوبي Methods of soil water measurement

تتلخص طرق قاس المحتوى الرطوبي للأرض على عدة عوامل مختلفة وذلك بطريقتين أما بطريقة مباشرة بواسطة أخذ العينات من الأرض وتقدير نسبة الرطوبة بها أو بطريقة غير مباشرة باستخدام أجهزة قياس المحتوى الرطوبي.

أ- الطريقة المباشرة: تتلخص هذه الطريقة في جمع عينات من الأرض على الأعماق المختلفة من الأماكن المختلفة من الحقل وتعتبر هذه الطريقة الأبسط والأوسع انتشاراً، كما تعتبر أحسن طريقة لقياس المحتوى الرطوبي، وعينة الأرض التي تؤخذ يجب أن توضع في علبة محكمة من الألومنيوم أو أومعدن آخر أو من الزجاج ويجب أن تغلق مباشرة فور وضع العينة بها وذلك لمنع الفقد بالبخر أثناء نقلها إلى المعمل، ولذلك فيجب وزن العلبة بعد ذلك مقبولة حيث تحتوي البخار الذي يتكثف بدخلها حيث كانت تحتويه عينة الأرض عند أخذها، وبعد الوزن تجفف العينة في فرن على درجة حرارة ١٠٥ - ١١٠ م لمدة ٢٤ ساعة ثم يعاد وزنها إلى أن يثبت - ثم توزن جافة ويحسب الفقد في الوزن الناتج عن فقد الماء من العينة. ثم ينسب وزن الماء المفقود إلى وزن العينة الجافة، وعند استخدام هذه الطريقة يجب أن تجمع العينات من عدة أماكن بالحقل ثم تخلط مع بعضها أو يقر بها الرطوبة منفصلة. ولتمثيل المحتوى الرطوبي للأرض في الحقل كله يأخذ متوسط الرطوبة في العينات المأخوذة.

ب- الطريقة الغير مباشرة: فيها تستخدم أجهزة قياس الرطوبة بالأرض حيث توجد عدة أنواع من أجهزة قياس الرطوبة بالأرض دون أخذ عينات منها أو لاثارتها. وتتميز هذه الطريقة بأنه يمكن بها قراءة وحساب الرطوبة المباشرة ولو أن لها بعض العيوب المختلفة.

١- التنتشيومترات Tensiometers

يتكون التنتشيومتر من أنبوبة من البلاستيك في نهايتها وعاء مسامي يسمح بمرور المياه خلاله حتى فرق ضغط يساوي ٠,٨٥، ضغط جوى ثم تملأ هذه الأنبوبة بالماء المغلي والمطرود منه الهواء ثم تقفل هذه الأنبوبة من أعلى وتوصل بجهاز لقياس الضغط لدخل الأنبوبة أما بمانومتر زئبقي عادي أو بواسطة عداد قياس، وعند وضع هذه الأنبوبة في الأرض يوضع الجزء المسامي حيث توزيع الجنور. وغالباً ما يوضع جهازين على

عمقين مختلفين في الأرض لقياس نسبة الرطوبة في الأرض عند هذين العمقين لجذور النباتات. ويتم هذه العملية بحفر حفرة مساوية تقريباً لقطر الأنبوبة توضع الأنبوبة في الأرض ويشبع حولها بالماء وبعد ذلك عند حدوث اقتران للماء داخل الوعاء المسمى للتشبيومتر والماء الموجود في الأرض تسجل قراءة الشد الرطوبي في المانومتر والمساوي لقوى الشد الرطوبي الممسوك بها الماء في الأرض والتي تتوقف على المحتوى الرطوبي للأرض الواحد والتي تربطهم العلاقة المتمثلة في منحى الرطوبة المميز. إذا كانت الأرض مشبعة بالماء فكما نعلم أن قوى الشد الرطوبي ستكون مساوية للصفر وبالتالي تصبح قراءة المانومتر الفعلى بالتشبيومتر مساوية أيضاً للصفر وعند جفاف الأرض ونقص المحتوى الرطوبي نجد أن الماء الموجود في التشبيومتر يخرج إلى الأرض ليوحد الاقتران تاركاً فراغاً يقرأ في صورة شد رطوبي معين ويستخدم التشبيومتر لتقدير المحتوى الرطوبي في مجال أبحاث الري وأيضاً لتحديد ومعرفة ميعاد الري المناسب للمحاصيل المختلفة. وهناك نوع من التشبيومترات يكون متصلاً بشبكة الري سواء كانت الري بالرش أو التقيط أو خلافاً وعندما يصل الشد الرطوبي في التشبيومتر إلى قيمة معينة والمناسب لميعاد الري يفتح أوتوماتيكياً شبكة الري ويتم عملية الري.

٢- الكتل المقاومة للتوصيل الكهربى Electrical resistans blocks

تستخدم الكتل المقاومة للتوصيل الكهربى لقياس المحتوى الرطوبي. حيث تستخدم كتل من الجبس يوجد بداخلها قطبين يخرج منهم سلكين معزولين في نهايتهم وصلتين من الرصاص. تترك هذه الكتل بالأرض ويخرج منها السلكين وعند قياس المقاومة توصل الوصلتين الرصاص بجهاز قياس معد خصيصاً لهذا الغرض والمعايير من قبل بحيث تعطى القراءة فوراً للنسبة المئوية للماء المتاح، وتتوفر هذه الكتل في أحجام وأشكال مختلفة وهي حساسة لقراءة المدى المنخفض للماء المتاح بالأرض. ولا يجب أن تستخدم في الأرضى المشبعة جداً بالماء أو الرديئة الصرف ومدى حساسية هذا القياس كبيرة بحيث يمكن قراءة الماء المتاح حتى الوصول إلى ٢٥ % فقط أى قبل الوثول إلى نقطة الذبول ونقل حساسية هذه الكتل الجبسية في التركيزات المرتفعة نسبياً من الأملاح بالمحلول الأرضى أما التركيزات العالية فتؤثر تأثيراً بالغاً على قراءتها كما أنها

تؤدي إلى فسادها. توجد بعض الكتل المقاومة للتوصيل الكهربى المصنوعة من النايلون أو من الألياف الزجاجية Fiberglass ولكنها حساسة للتغير فى تركيز الأملاح أضافى المحلول الأرضى ولا ينصح باستعمالها فى الأرضى المتوسطة أو المرتفعة الملوحة. ومن حين لآخر بعد استعمال هذه الكتل يجب معايرتها عند إعادة استخدامها. وعموماً عند استخدام هذه الطريقة يفضل عمل معايرة لهذه الكتل الجبسية مع الأرض المعينة عند محتويات رطوبة معروفة. وعموماً هذه الأخيرة تستخدم لتحديد مدى للتغير فى المحتوى الرطوبى وتستخدم كدليل لميعاد الرى. وهناك نوع من الكتل الجبسية يكون متصلاً بشبكة الرى وعندما يصل المحتوى الرطوبى فى الأرض إلى قيمة معينة والمناسب لميعاد الرى يفتح أوتوماتيكياً شبكة الرى وتتم عملية الرى.

٣- طريق نشئت النيوترونات Neutron prob

تعتبر هذه الطريقة من أحدث الطرق لقياس المحتوى الرطوبى وذلك على أساس الحجم وتعتبر مناسبة لقياس المحتوى الرطوبى فى القطاع الأرضى كله ولكنها تكون غير دقيقة عند استخدامها لقياس الرطوبة قرب السطح أو عند عمق محدود صغير من الأرض ولو أنه حديثاً يمكن إجراء بعض التعديلات التى تسمح بقراءة الأعماق السطحية وتتميز بأنها طريقة مناسبة لقياس الرطوبة خلال الموسم فى مكان واحد دون إحداث أى أثاره للأرض وتعطى المحتوى الرطوبى مباشرة. ولكن الجهاز مرتفع الزمن ويخرج منه الإشعاع ولهذا يجب أن يستخدم بحرص للمواد المشعة. كما أن حجم الأرض الذى يقاس فيه المحتوى الرطوبى يختلف باختلاف نسبة الرطوبة فى الأرض. وفى الوقت الحالى تعتبر هذه الطريقة المستخدمة فى الأبحاث فقط وليس على المستوى الإنتاجى لقياس الرطوبة فى الأرضى للزراعية. وتتلخص هذه الطريقة فى وجود مصدر مشع يخرج عدد من النيوترونات وعند تشتتها فى الأرض تصطدم بثرات الهيدروجين الموجود بالماء والمساوية لها فى الوزن حيث ترتد إلى الجهاز وتقاس النيوترونات المرتدة التى يتوقف عددها على المحتوى الرطوبى للأرض.

٤- طريقة أشعة جاما Gamma ray attenuation

فى هذه الطريقة تمرر حزمة من أشعة جاما ذات الكثافة المعروفة خلال عمود التربة ثم يقاس الانخفاض فى كثافة الحزمة بعد مرورها وهذا الانخفاض له علاقة بكتلة

المادة التي مر خلالها. وهذه الطريقة تستخدم غالباً تحت الظروف المعملية ولكن أمكن عمل جهاز للقياس بالحقل وموجود الآن على نطاق تجارى تطبيقى. ويتميز هذه الطريقة عن طريقة تشتت النيوترونات فى أنها يمكن أن تقيس المحتوى الرطوبى فى أعماق ضيقة للغاية.

٥- طريقة Time domain reflectometer

تعتبر هذه الطريقة أحدث الطرق لقياس المحتوى الرطوبى حتى وقتنا الراهن ولا يتسع المجال لذكرها فى الوقت الحاضر.

مسئلة

١- أستخدمت اسطوانة (قطرها ٦ سم وأرتفاعها ٨ سم) لأخذ عينة أرض من الحقل بهدف تقدير الكثافة الظاهرية ثم وضعت العينة فى فرن على درجة حرارة ١٠٥ °م لتجفيفها فكانت النتائج كالآتى :

وزن الاسطوانة فارغة = ٧٠٠ جم

وزن الاسطوانة وبها عينة الأرض (من الحقل) = ١٠٣١ جم

وزن الاسطوانة وبها عينة الأرض بعد تجفيفها بالفرن (معملياً) = ١٠٠٠ جم

أحسب الكثافة الظاهرية للأرض ؟

٢- قدرت الكثافة الظاهرية للأرض فى الحقل فكانت 1.07 gm/cm^3 . أحسب وزن فقدان لهذه الأرض لعمق ٣٠ سم.

٣- أخذت عينة من الأرض الرطبة فى الحقل بواسطة اسطوانة أخذ العينات ثم جففت فى الفرن وكانت النتائج كالآتى: - وزن عينة الأرض للرطبة = ١١٠٠ جم

- وزن عينة الأرض الجافة = ٩٥٠ جم - حجم الاسطوانة = ٧٥٠ سم^٣

أحسب المسامية لهذه التربة ؟

٤- فى السؤال رقم (١) و (٢)، احسب المحتوى الرطوبى على أساس الوزن والحجم ثم احسب نسب المكونات الثلاثة (على أساس الحجم) لهذه الأرضى .

٥- احسب فى السؤال رقم (١) و (٣) المحتوى الرطوبى على أساس الحجم عند التشبع $\theta_{v,sat}$ ودرجة التشبع للعينات والمسامية الهوائية .

الكتاب الخامس علاقة الأرض والماء والنبات

Soil - Water - Plant Relationship

كما علمنا مما سبق أن الثلاثة نظم التي تدخل في عملية الري هي الأرض والماء والنبات ويجب أن تكون هذه النظم في صورة تمكنا من مد المحصول المنزرع باحتياجه المائي حيث يعرف هذا الاحتياج المائي بأنه كمية المياه التي يحتاجها المحصول في فترة محدودة (موسم النمو) واللازمة لنموه تحت الظروف الحقلية. وتشمل هذه الكمية المياه التي تفقد في صورة بخر نتج Evapotranspiration وكذلك الفواقد المختلفة. ويحصل النبات على هذه المياه من الأرض التي تحتفظ بالرطوبة في منطقة الجذور. وتعرف منطقة الجذور بأنها حجم الأرض المشغولة بجذور النبات والتي يمكن للنبات أن يحصل منها على الماء. وهذه الكمية المخزنة من الماء تمثل محصلة الميزان المائي بين ما يضاف وما يفقد من الماء في هذه المنطقة.

ويعرف الاحتياج المائي الأمثل Optimum water requirement بأنه عمق الماء المستفاد به للحصول على أقصى إنتاج للمحاصيل المختلفة وتشمل هذه الكمية رطوبة الأرض المستمدة من الأمطار وأيضاً من الري.

أولاً: احتياجات الري للمحاصيل المختلفة Irrigation requirements for crops
تمثل احتياجات الري لمحصول ما الكمية المعطاة فعلاً لمساحة معينة من الأرض في فترة زمنية معينة ولتكن بالنسبة لنا الكمية اللازمة للحدان الواحد وتشمل احتياجات الري الاستهلاك المائي (CU) Consumptive use مضافاً إليه احتياجات الغسيل (LR)
Irrigation requirements IR = CU + LR
وإذا كانت هناك أمطار ساقطة في هذه الفترة أو حدثت تغذية من الماء الأرضي بواسطة الخاصية الشعرية نجد أن المعادلة تصبح

$$NIR = CU + LR - W_s - R_e$$

حيث NIR = صافي احتياجات الري.

W_s = كمية الرطوبة المخزنة بالتربة في هذه الفترة.

R_e = كمية الأمطار التي مرت خلال الأرض.

وتحسب الاحتياجات المائية لفترة لنمو المحاصيل المختلفة وذلك بحساب المكونين لها وهي الاستهلاك المائي Consumptive use لهذه الفترة وكذلك الاحتياجات الغسيلية اللازمة لغسيل الأملاح من منطقة الجذور.

والجدول التالي يبين احتياجات الري المحاصيل المختلفة طول فترة النمو

المحصول	طول موسم النمو باليوم	الاحتياجات المائية الكلية م ^٣ /هكتار	الاحتياج المائي اليومي م ^٣ /هكتار	متوسط الاحتياج المائي مم/يوم
الشعير	٨٨	٣٦٠٠	٤١	٤,١
القطن	٢٠٢	١٠٧٠٠	٥٣	٥,٣
الفول السوداني	١٢٤	٦٦٠٠	٥٣	٥,٣
الذرة	١٠٠	٤٥٥٠	٤٦	٤,٦
الأرز	٩٨	١٠٦٠٠	١٠٩	١٠,٩
قصب السكر	٣٦٥	٢٤٠٠٠	٦٦	٦,٦
القمح	٨٨	٣٧٥٠	٤٣	٤,٣

١- الاستهلاك المائي: Consumptive use(CU)

يعرف بأنه عبارة عن كمية المياه التي تستهلك بواسطة النبات والتربة النامي عليها للنبات وذلك على الصورة التالية:

١- المياه المفقودة بالبخار من التربة (E) Evaporation

٢- المياه التي استهلك في النتح من النبات (T) Transpiration

٣- المياه الموجودة في أنسجة النبات والتي تستعمل في العمليات الفسيولوجية.

ولكن إذا علمت أن كمية المياه الموجودة في النبات في نهاية الموسم الزراعي لا تتعدى في الواقع ١% من مجموع النقد بالبخار والنتح (ET) Evapotranspiration فمسن الممكن أن نساوى الاستهلاك المائي بمقدار النتح والتبخير $CU \cong ET$ أى أن الاستهلاك المائي هو كمية التي تتحول من الصورة السائلة Liquid إلى الصورة البخارية Vapor خلال عمليات التبخر والنتح.

ومن المعروف أنه يلزم ٥٨٥ سعر (585cal) من الحرارة لتحويل واحد جرام من الماء من الصورة السائلة إلى الصورة البخارية عند درجة ٢٠° مئوية وهذه تعرف بالحرارة الكامنة للتبخير (Hv) Latent heat of vaporization

وعلى ذلك فلكي يستهلك الماء لا بد من وجود طاقة حرارية في البيئة المحيطة به ويتوقف معدل استهلاك الماء على كمية هذه الطاقة وعلى نوع النبات نفسه ونوع التربة ومصدر الطاقة الحرارية وهو الحرارة الشمسية حيث تخرج من الشمس كمية من الأشعة الكلية وهي R_a (Extra – terrestrial radiation) وهذه تختلف حسب موقع المنطقة من خطوط الطول المختلفة Latitudes وحسب فصول السنة المختلفة وتختلف أيضاً نصف الكرة الشمالي عنه في نصف الكرة الجنوبي. ولما الأشعة الشمسية الساقطة والتي تصل إلى الغلاف الجوى يمكن تمثيلها بالقيمة R_g والتي يمكن إيجادها من العلاقة التالية:

$$R_g = (0.25 + 0.50n/N)R_a$$

حيث (n) عدد ساعات سطوح الشمس اليومية التقطية والتي تختلف حسب نسبة الغيوم أو السحب. (N) هي عدد ساعات سطوح الشمس الممكنة في نفس اليوم في حالة عدم وجود سحب نهائياً.

وأما صافي الأشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض فيمكن تمثيلها بالمعادلة

التالية:

$$R_n = R_g (1-r) R_{a1}$$

$$R_n = \text{صافي الأشعة الساقطة } \text{Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

$$R_g = \text{الأشعة الشمسية الساقطة } \text{Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

$$r = \text{معامل الانعكاس (للأشعة قصيرة الوجه)}$$

$$R_{a1} = \text{الأشعة المرندة (للأشعة طويلة الوجه)}$$

والأشعة الساقطة (R_g) جزء منها ينعكس (قصير الموجة) وجزء يمتص وجزء ثالث

ينقل خلال التربة. فلو عبرت عن الأجزاء الثلاثة في صورة معاملات.

أ- معامل الانعكاس (r).

ب- معامل الإمتصاص (a).

ج- معامل الإنتقال (t).

ويصبح مجموع المعاملات الثلاثة يساوى الوحدة $r + a + t = 1$

ويختلف بالطبع قيمة معامل الانعكاس (r) باختلاف طبيعة السطح الساقطة عليه

الأشعة، فمعامل الانعكاس للتربة الغير منزوعة بالنبات يتراوح بين ٠,١٠ إلى ٠,٢٣، بينما في حالة التربة المنزوعة بالمحاصيل يتراوح بين ٠,١٥ إلى ٠,٣٠.

وتبلغ قيمة الأشعة الممتصة في اليوم المشمس العادي $R_{nl} = 82 \text{ cal}^2 \text{ day}^{-1}$

وصالى الأشعة الساقطة (R_n) يستعمل في عدة نواحي:

- أ- جزء يستعمل في عمليات البخرنتح (ET).
- ب- جزء يتحرك في للتربة ويعمل على تسخينها (S).
- ج- جزء يتحرك لأعلى في الجو (Q).
- د- جزء يستعمل في عملية التمثيل الضوئي للنبات Photosynthesis (١-٣%).
- هـ- جزء يستعمل في تسخين النبات نفسه (١%).

ويطلق عادة على الجزء (ب) بالحرارة السارية للأرض Sensible heat of soil

وعلى الجزء (ج) بالحرارة السارية للجور Sensible heat to atmosphere.

وقد سميت هذه الأنواع بالحرارة السارية لأنها تسير أو تتحرك بمجرد وجود أي

تدرج في درجة الحرارة Temperature gradient.

ويمكن حساب الأشعة الساقطة (R_n) بالمعادلة الآتية:

$$R_n = ET + S + Q$$

ويجب ملاحظة أنه كلما كانت التربة رطبة فإن الطاقة معظمها سيستخدم في تبخير الماء الموجود وتصبح حركة الحرارة في التربة قليلة. وكلما جفت التربة زادت كمية الطاقة المستخدمة في تسخين التربة بالتالي تزداد درجة حرارة التربة حتى إذا ما وصلت لمستوى أعلى من درجة حرارة الجو ففي هذه الحالة ستفقد التربة بعض حرارتها كحرارة سارية Sensible heat إلى الجو.

يجب ملاحظة توحيد (تجانس) للوحدات المستعملة عند استخدام المعادلات السابقة.

فمثلاً إذا كانت وحدات الحرارة المستعملة سعر لكل وحدة مساحة. في وحدة الزمن (Cal $\text{cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$) فيجب أن تستعمل هذه الوحدات لكل أجزاء الحرارة المختلفة وحيث أن الاستهلاك المائي (CU) أو البخر نتج (ET) يأخذ عادة وحدات معدل (cm day^{-1}) فأنه يلزم ضربها في قيمة الحرارة الكامنة للتبخير (H_v) لكي تحصل على وحدات الحرارة السابقة.

$$ET \times Hv = \frac{cm}{day} \times \frac{cal}{gm}$$

(على أساس كثافة الماء تساوى واحد)

$$= \frac{cm}{day} \times \frac{cal}{cm^3}$$

$$= Cal \text{ cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$$

طرق تقدير الاستهلاك المائي للمحاصيل

يمكن التعبير عن كمية الماء التي يستهلكها النبات أو المحصول من منطقة جذور وذلك في صورة معدل ارتفاع عمود ماء في اليوم واتفق أن يكون مم/يوم. وهذا المعدل سوف يختلف تبعاً للظروف المناخية وأيضاً تبعاً لنوع المحصول أو النبات المنزرع كما أن الاستهلاك المائي للمحصول الولد يختلف أيضاً تبعاً لمرحل نموه المختلفة. ولهذا يكون من الأهمية بمكان تقدير المعدل وتوجد عدة طرق لتقدير ذلك:

أ- الطرق المباشرة:

وفيها يقدر الفقد في المحتوى الرطوبي الذي استهلكه النبات من منطقة الجذور في فترة زمنية محددة أما بحساب المفقود من المياه من خزانات تملأ بالأرض ويرزغ فيها النبات تحت نفس الظروف الحقلية والتي تعرف باسم الليسيمترات وذلك عن طريق الفقد في وزنها أو في حجم كمية المياه التي تمد لليسمتر. وأما تأخذ عينات من الأرض يقدر فيها الرطوبة في منطقة الجذور في أول الفترة وفي نهايتها وذلك من قطع تجريبية حقلية معدة لذلك. وتقسم الطرق المباشرة إلى:

أ-1 طريقة الليسيمترات.

ب-1 طريقة الإتران المائي لعمق الجذور.

الليسمترات Lysimeters: يعرف الليسمتر Lysimeter على أنه وعاء كبير يحتوى على حجم من الأرض في نظام مغلق وذات عمق كافى للمو الجذور، وتوضع الأرض في الليسمتر بنفس الترتيب وللتعاقب لطبقات الأرض المحيطة ولها نفس الكثافة للظاهرية كما أن مستوى الأرض في الليسمتر يكون في نفس مستوى الأرض المحيطة به ويكون تحت نفس الظروف البيئية منزرعاً بمحصول حقلى وذلك بغرض تقدير الاستهلاك الفعلى ETact أو أقصى استهلاك مائي ETm أو تقدير جهد البخر نتج ETp عند زراعته

بنبات قصير نشط النمو (حبشية ليبىدى فلورا) أو بنون زراعة لتقدير البخر من سطح أرض غير منزرعة وأيضاً يمكن استخدامه فى تقدير مساهمة مستوى الماء الأرضى فى الاستهلاك المائى أو تتبع توزيع الأملاح خلال قطاع التربة وأيضاً يمكن من خلاله معرفة حجم المياه المنصرفة بالرشح العميق من الأرض والتي يتوقف عليها معرفة مقننات الصرف لغرض تصميم مصارف ذات مقاطع ومسافات مناسبة.

لذلك تهدف الليسيمترات فى المقام الأول إلى رفع كفاءة استخدام المياه إلى أقصى درجة من إنتاجية المحصول.

أنواع الليسيمترات Types of lysimeters

يمكن تقسيم الليسيمترات إلى نوعين:

أ- ليسيترات وزنية Weighing lysimeters

وتعتمد فى قياس الاحتياج المائى على قياس التغير فى وزن الليسيمتر خلال فترة معينة فزيادة الوزن لليسيمتر يدل على إعطاء كميات مياه عن طريق الري أو المطر أما نقص وزن الليسيمتر يدل على فقد المياه من خلال البخر نتح Evapotranspiration. الفرق الوزن خلال فترة معينة يدل على البخر نتح خلال تلك الفترة.

والليسيمترات الوزنية يمكنها قياس البخر نتح ET بدقة عالية تصل إلى ٠,٠٣ - ٠,٠٥ مم خلال فترات متقاربة (ساعة أو يوم) ولكن من عيوب هذه الليسيمترات ارتفاع تكلفتها فقد تصل تكلفة الليسيمتر الواحد إلى حوالى ١٠٠ ألف دولار ويتم إنشاءه فى حوالى ٣ شهور وتحتاج إلى شخص متخصص لتشغيلها.

وتوجد أنواع عديدة من الليسيمترات الوزنية:

١- ليسيترات وزنية ميكانيكية Mechanical weighing lysimeters

٢- ليسيترات وزنية إلكترونية Electronic weighing lysimeters

٣- ليسيترات وزنية هيدروليكية Hydraulic weighing lysimeters

٤- ليسيترات وزنية عائمة Floating weighing lysimeters

وتعتمد كل الأنواع السابقة على قياس فرق الوزن خلال فترة معينة ولكن تختلف من خلال التصميم الخاص بقياس الوزن وأن يسهل المجال هنا لدراستها.

ب- ليميمترات حجمية Volumetric lysimeters

وتعتمد فى قياسها للإستهلاك المائى على القياس الحجمى لكميات المياه الداخلة (مطر أو رى) وكميات المياه المنصرفة بالرشح العميق. ويذل الفرق بين كميات المياه المضافة وكميات المياه المنصرفة خلال فترة معينة على الإستهلاك المائى خلال تلك الفترة. ومن مميزات الليميمترات الحجمية أنها سهلة الإنشاء ورخيصة الثمن مقارنة بالليميمترات الوزنية ولكنها ذات دقة أقل ويتم قياس الإستهلاك المائى خلالها فى فترة ٧-١٠ أيام على الأقل وتقسم الليميمترات الحجمية إلى عدة أنواع أيضاً:

١- ليميمترات حجمية بدون ماء أرضى

Volumetric lysimeters without water table

وتعتمد فى قياس الإستهلاك المائى على قياس الفرق بين كميات المياه المضافة وكميات المياه المنصرفة خلال فترة معينة وتعتمد على المعادلة التالية:

$$ET = (P + I - D \times 10) / N$$

ET → البخر نتج خلال فترة معينة مم/يوم.

P → كميات الهطول المساقطة مم.

I → كمية مياه الرى المضافة مم.

D → كمية المياه المنصرفة مم.

N → الفترة بين الريات. يوم.

وهذا النوع من الليميمترات هى أبسط وأكثر الأنواع إنتشاراً.

ليميمترات ذات مستوى ماء أرضى ثابت:

Compensation lysimeters with constant water table

وفىها تحسب كمية المياه المفقودة بالبخر نتج عن طريق معرفة كمية المياه اللازمة إضافتها للحفاظ على مستوى الماء الأرضى عند المستوى الثابت.

ليميمترات ذات مستوى ماء سطحي ثابت

Compensation lysimeters with constant water level.

وفىها يتم الحفاظ على مستوى ثابت من الماء فوق سطح الأرض داخل الليميمتر وتعتمد فى قياسها للإستهلاك المائى على قياس كميات المياه اللازمة للحفاظ على المستوى الثابت للمياه فوق سطح الليميمتر.

وكل الأنواع السابقة لليسيمترات الحجمية يكون لها شكل تصميمي هندسي مختلف عن الآخر. فالنوع الأول يجب أن يكون تصميمه يسمح بصرف كل المياه الزائدة عن السعة التشغيلية للأرض داخل الليسيمتر بينما للنوع الثاني يصمم على أن تحبس المياه لحمل مستوى ماء أرضي ثابت داخل الليسيمتر أما النوع الثالث يجمع بين النوعين السابقين.

ولقد قام المؤلف بتصميم ليسيمتر يجمع في مميزاته بين الثلاث أنواع السابقة ويمكن استخدامه كاليسيمتر بدون مستوى ماء أرضي أو بمستوى ثابت ضمن الماء الأرضي أو مستوى ماء ثابت فوق سطح الأرض داخل الليسيمتر. وقد تم إنشاء وحدات عديدة منه في مناطق متفرقة من جمهورية مصر العربية وذلك بهدف الحصول على بيانات دقيقة للاستهلاك المائي تحت الظروف المناخية المتباينة وكان أول إنشاء سنة ١٩٨٦ في مدينة جنوب التحرير ثم ١٩٨٧ في مدينة اللويزارية ثم تم إنشاء وحدتين في مزرعة الكلية بأبيس عام ١٩٨٩. وتم إنشاء ثلاث وحدات عملاقة في منطقة بنجر المنكر عام ١٩٩٥ وسوف نركز في دراستنا على هذا النوع المتطور من الليسيمتر من حيث إنشائه وتشغيله.

الليسيمترات الحجمية الحقلية Field volumetric lysimeters

وسوف يتم دراستها في عدة نقاط:

- تصميم الليسيمتر.
- وضع الليسيمتر في المكان المناسب.
- إعداد الليسيمتر للتعبئة.
- تعبئة الليسيمتر.
- معايرة الليسيمتر.
- زراعة الليسيمتر وتشغيله.

تصميم الليسيمتر:

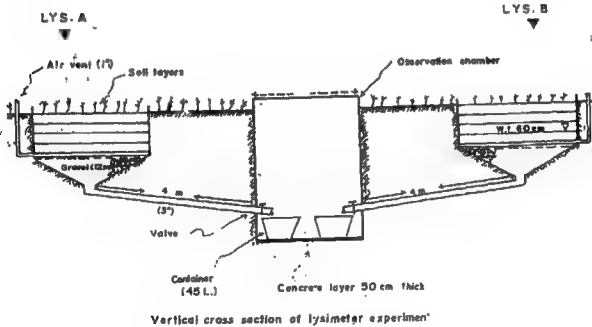
تم تصميم الليسيمتر بواسطة المؤلف ويتكون الليسيمتر من وعاء دائري قطره ٢٥٥ سم وطوله ١٠٠ سم وينتهي بجزء مخروطي بطول ٥٠ سم وذلك لمهولة صرف المياه الزائدة وتخرج من أدنى منسوب من جسم الليسيمتر ماسورة بقطر ٢,٥ سم للتهدية والتي من خلالها يمكن قياس مستوى الماء الأرضي فيها. ويخرج من أسفل الليسيمتر ماسورة بقطر ١٠ سم للصرف وجميع الأجزاء السابقة مصنوعة من حديد سمكه ٨ مم بتكلفة ١٠٨٨ جنيه للوحدة عام ١٩٨٦.

معايرة الليسيمتر:

تم معايرة الليسيمتر عن طريق إضافة حجم معلوم من المياه إلى الليسيمتر وتغطيته بورق بلاستيك وذلك لمنع البخر واستقبال كمية المياه المنصرفة على مدى عدة أيام حتى تتوقف. ويعزى الفرق بين كمية المياه المضافة والمنصرفة إلى السمعة التخزينية لحجم الأرض داخل الليسيمتر. وقد كرر هذا العمل عدة مرات أيضاً وذلك لإعادة وضع الأرض إلى توزيعها الطبيعي بواسطة دورات التجفيف والإبتلال.

زراعة الليسيمتر وتشغيله:

تم زراعة الليسيمتر بنفس المعدل للأرض المحيطة ويخضع لجميع العمليات الزراعية من رش وتسميد وعزيق في نفس الوقت مع الأرض المحيطة به فيما عدا كميات المياه والتي تضاف حسب الغرض من تشغيله. والشكل التالي يبين وحدة كاملة من الليسيمترات التي أنشأت في مزرعة الكلية - أيارس عام ١٩٨٩.



وضع الليسيمتر فى المكان الأمثل:

تم وضع الليسيمتر بجانب محطة الأرصاد وذلك لسهولة الحصول على بيانات مناخية ممثلة للمنطقة محل الدراسة ومن الجدير بالذكر أن الأرض المحيطة بالليسيمتر Surrounding area يجب ألا تقل مساحتها عن ٢٠٠ ضعف لمساحة الليسيمتر حتى يمكن الحصول على نتائج دقيقة.

أعداد الليسيمتر للتعبئة:

تم إعداد الليسيمتر للتعبئة بوضع فلتر من الزلط ذات قطار من ١٢ مم فى الجزء المخروطى ثم تم وضع فلتر من الألياف فوق شبكة من السلك والتي توضع فى أننى منسوب من جسم الليسيمتر فوق الفلتر الزلطى. والزلط والألياف يمثلان فلتر الليسيمتر وذلك لمنع انهيار التربة داخل الليسيمتر مما قد يؤدي إلى إحصاء ماسورة الصرف. ويعد وضع الليسيمترات فى الأرض تم إنشاء غرفة تجميع وذلك لتتبع التغيرات الحجمية لكميات المياه المنصرفة من الليسيمتر.

تعبئة الليسيمتر:

تم تعبئة الليسيمتر بنفس ترتيب وتعاقب طبقات الأرض المحيطة وبغفس الكثافة الظاهرية. لذلك قسم القطاع الأرضى إلى طبقات ٢٠سم وتم حساب كميات التربة اللازمة لملأ حجم الليسيمتر المطلوب ونكها إلى العمق المكافى للحصول على نفس الكثافة الظاهرية للطبة. كما هو موضح فى الجدول التالى:

أوزان طبقات الأرض المستخدمة فى تعبئة الليسيمتر.

Soil Layers (cm)	Bulk density (gm/cm ³)	θ_w %	Weight of soil layers (Kg)	
			Oven-dry Weight	Applied weight
0-20	1.18	7.80	1205.0	1298.6
20-40	1.08	7.95	1102.6	1190.21
40-60	0.71	9.90	724.8	796.60
60-80	0.57	30.40	581.9	758.8
80-90	0.55	16.17	280.7	326.1

أ- طريقة الإيزان المائي لعمق الجذور:

يتم في هذه الطريقة أخذ عينات الرطوبة من عمق الجذور على فترات مختلفة ومتابعة ما يفقد من الرطوبة الأرضية في فترة زمنية وذلك بتقدير ما دخل لعمق منطقة الجذور من مياه وما تبقى ومنه يمكن حساب معدل الفقد اليومي مم/يوم أو ما يطلب تعويضه من مياه مفقودة بالبخر نتج من عمق الجذور بواسطة النباتات.

مثال: أحسب الاستهلاك المائي مم/يوم لمحصول الذرة لفترة عشر أيام إذا أعطيت البيانات التالية:

عمق الجذور 30cm.

الكثافة الظاهرية 1.1 gm/cm^3 .

السعة الحقلية على أساس الوزن الجاف $F.C = 40\%$.

نسبة الرطوبة الوزنية بعد عشر أيام $P_w = 20\%$.

$$d_{fc} = \frac{40}{100} \times 1.1 \times 30 = 13.2 \text{ cm.}$$

$$Dp_w = \frac{20}{100} \times 1.1 \times 30 = 6.6 \text{ cm}$$

$$S.D. = 13.2 - 6.6 = 6.6 \text{ cm}$$

$$Cu = \frac{66}{10} = 6.6 \text{ mm / day}$$

ب- الطرق الغير مباشرة:

وفيها يتم تقدير ما يعرف باسم البخر نتج القياسي (ET_0) Reference Evapotranspiration والذي يعكس تأثير المناخ على البخر نتج للمحاصيل المختلفة ويعرف البخر نتج القياسي ET_0 بأنه معدل البخر نتج من سطح أرض ينمو به حشيش أخضر نشط النمو يتراوح طوله بين ٨ - ١٥ سم يغطي السطح تماماً ولا يعاني من أي نقص في المحتوى الرطوبي للأرض.

ولتقدير معدل الاستهلاك المائي للمحصول تطبيق المعادلة التالية:

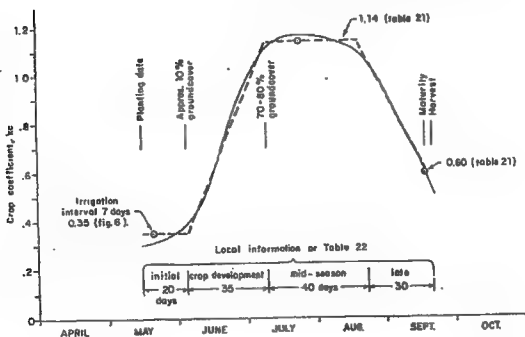
$$ET_{crop} = K_C ET_0$$

حيث ET_{crop} = البخر نتج للمحصول مم / يوم.

ET_0 = البخر نتج القياس مم / يوم.

K_C = معامل النبات أو معامل المحصول.

وتختلف قيمة معامل النبات بالنسبة للمحصول تبعاً لفترات النمو حيث تقل قيمته في بداية موسم النمو ثم تزداد في منتصف موسم النمو وتقل مرة أخرى في نهاية الموسم وعند الحصاد ويمكن توضيح ذلك بالشكل التالي:



وعموماً فإن قيمة K_c لمعظم المحاصيل لطول فترة النمو تتراوح بين ٠,٨٥ - ٠,٩ ما عدا الموز والأرز والبن والكاكاو والتي يزيد فيها قيمة K_c عن ذلك بينما تقل للموالح والعنب والأناناس.

طرق قياس البخرنتج القياسي: ET_0

كما سبق أن ذكرنا بأن قيمة ET_0 تعكس الظروف المناخية المختلفة ولهذا يمكن حساب البخر نتج القياسي بعدة طرق تشترك جميعها في تقدير مجموعة من البيانات المناخية الزراعية التي يمكن أن يتحصل عليها أو تقدر بواسطة محطة أرصاد جوية زراعية وسنذكر منها على سبيل المثال:

درجة الحرارة العظمى: ($Maximum\ temperature, T, ^\circ C$)

درجة الحرارة الصغرى: ($Minimum\ temperature, T, ^\circ C$)

متوسط الرطوبة النسبية: ($Relative\ humidity, RH, \%$)

عدد ساعات سطوع الشمس: ($Actual\ sunshine\ duration, n, hr/day$)

الإشعاع الشمسي: ($Solar\ radiation, R_s, Cal\ m^{-2}\ d^{-1}$)

صافي الإشعاع الشمسي ($Net\ solar\ radiation, R_n, Cal\ m^{-2}\ d^{-1}$)

سرعة الرياح بالنيهار: ($Wind\ speed, U, Km/day$)

البخر من الوعاء القياسي: ($Pan\ evaporation, E_{pan}, mm/day$)

وهناك العديد من الطرق سنذكر منها ثلاثة طرق فقط والتي تعارف عليها في المناطق المختلفة من العالم وهي:

ب - ١ - طريقة بنمان المعدلة Modified Penman method

وفيها يقدر البخر نتج القياسي باستخدام القيم المتوسطة للبيانات المناخية التي سبق ذكرها ما عدا البخر من الوعاء القياسي وتطبق المعادلة التالية:

$$ET_0 = C [(W.R_n + (1 + W) \cdot f(U) \cdot (e_a - E_d)]$$

حيث $(e_a - E_d) = \text{Vapor pressure deficit}$

$f(U) = \text{Wind function, } f(U) = 0.27 (1 + U / 100)$, U in Km/day measured at 2 m above the soil surface.

$R_n = \text{extra - terrestrial radiation } (R_n = R_s (1 - r) R_{n1})$ as mentioned above.

W= Temperature and altitude dependent weighting factor.

C= Adjustment factor

وتوجد الآن برامج لحساب قيم البخر نتج القياسي باستخدام الحاسب الآلى وأكثرها شيوعاً برنامج Cropwat الصادر عن منظمة الأغذية والزراعة FAO

ب- ٢ - طريقة الأشعاع Radiation method

البيانات المناخية المستخدمة فى هذه الطريقة هى متوسط درجة الحرارة، متوسط ساعات سطوح الشمس الفعلية، متوسط الإشعاع الشمسى، ومتوسط الرطوبة النسبية، ومتوسط سرعة الرياح فى النهار عند ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض. ويحسب البخر نتج القياسي بطريقة الأشعاع باستخدام المعادلة التقريبية التالية:

$$ET_0 = C (W.R_s)$$

حيث:

R_s= measured mean incoming shortwave radiation as mentioned

W = Temperature and altitude dependent weighting factor.

C= Adjustment factor.

ب- ٣ - طريقة وعاء البخر: Pan Evaporation

والبيانات المناخية المستخدمة فى هذه الطريقة هى متوسط البخر من الوعاء القياسى (E_{pan}, mm/day) والقيم المقدرة لمتوسط الرطوبة النسبية ومتوسط سرعة الرياح (U, km/day) على ارتفاع ٢ متر وبيانات عن إذا ما كان الوعاء محاطاً بأرض منزوعة أو أرض غير منزوعة وجافة.

ويمكن حساب البخر نتج القياسى ET₀ من المعادلة التالية:

حيث:

$$ET_0 = K_{pan} \cdot E_{pan}$$

E_{pan} = Evaporation in mm/day from the class A evaporation pan.

K_{pan}= Pan coefficient.

٢- الاحتياجات الغسيلية (LR) Leaching requirements

يزداد عادة تركيز الأملاح قرب سطح التربة نتيجة العمليات البخري واستهلاك الماء بواسطة النبات - ويساعد على تجمع الأملاح لقترب مستوى الماء الأرض من

السطح ولذلك لابد من عملية الغسيل لازالة هذه الأملاح المتراكمة وإزالتها لأسفل ما بعد منطقة الجذور. وكمية المياه التي تستعمل في عملية الغسيل لابد وأن تكون كافية على الأقل لحفظ مستوى الملوحة في منطقة الجذور عند الحد الذي لا يؤثر على نمو النبات. ورغم أن عملية الغسيل ضرورية لإستصلاح الأراضي الملحية إلا أنها أيضا ضرورية لصيانة التربة ضد خطر التملح مستقبلا. فمثلا بدلا من أن تتحول التربة إلى أرض ملحية (نتيجة للرئ المستمر بنوع معين من مياه الري) فإنه من الممكن إطالة هذه المدة إلى ٢٠ أو ٥٠ سنة عن طريق إضافة كمية مياه إضافية في احتياجات الري مع كل رية لغسيل جزء من الأملاح.

الاحتياجات الغسيلية (LR) يمكن تعريفها ببساطة على أنها كمية المياه اللازم مروها خلال منطقة الجذور حتى تحفظ مستوى الأملاح بها عند حد لا يؤثر على نمو النباتات. وأحيانا تقدر الاحتياجات الغسيلية كنسبة مئوية من احتياجات الري.

كما أنه لابد من التمييز بين الأملاح على أساس درجة الذوبان لكل منها فالأملاح القابلة الذوبان تترسب في التربة بينما السريعة الذوبان تستمر في زيادة المحلول الأرضي. والجدول الآتي يقسم الأملاح الشائعة إلى هذين القسمين:

Solubility of salts in water (meq/L)

Low		High	
Ca CO ₃	0.5	CaCl ₂	1000 - 2000
Ca(HCO ₃) ₂	3-12	MgSO ₄	
CaSO ₄	30	MgCl ₂	
Mg CO ₃	2.5	NaCl	
Mg (HCO ₃) ₂	15-20	Na ₂ SO ₄	

وتبدأ التربة للتحويل إلى أرض ملحية عندما يصبح تركيز الأملاح في المحلول الأرضي (Soil Solution) يساوى ٨٠-١٠٠ ملليمكافى / لتر عند مستوى رطوبى يمثل

السعة الحقلية. وذلك بافتراض أن المحتوى الرطوبي عند حالة التشبع يساوى ضعف المحتوى الرطوبي عند حالة السعة الحقلية. هذه القيم من التركيز تتفق في الواقع مع ما هو معروف أن الأراضي الملحية يكون تركيز الأملاح في مستخلصها المائي المشبع أكبر من ٤ ملليموز / سم. حيث أن ٤ ملليموز / سم تساوى ٤ × ١٠ = ٤٠ ملليمكافى / لتر. ومن الممكن تحويل هذا التركيز (٤ ملليموز / سم) أيضاً إلى نسبة مئوية للأملاح على أساس الوزن المائي للتربة كما يلي.

1 acre of soil4x10⁶ lbs

1 mmhos/cm = 2000 lbs of salts per acre-ft of soil

4 mmhos/cm = 4 x 2000 = 2000 = 8000 lbs. Salts

$$\frac{8000}{4 \times 10^6} \times 100 = 0.2\%$$

أى أن التربة تصبح ملحية إذا كان نسبة الأملاح الموجودة في عمق متر واحد منها تساوى ٠.٢% على أساس الوزن الجاف للتربة.

و قد اعتبر Doneen أن ملوحة الأرض تتشأ أساساً من أملاح الكلوريدات والكبريتات (العالية الذوبان) وأدخل اصطلاح يسمى جهد الملوحة لمياه الري Potential Salinity (P.S).

$$P.S. = Cl + \frac{1}{2} SO_4 \dots \dots \dots meq/L \dots \dots (1)$$

ويجب التنويه هنا بأن النباتات المختلفة تختلف في درجة تحملها لملوحة مياه الري فمثلاً درجة تحمل نبات الشعير تساوى ٤ مرات درجة تحمل نبات الفول.

وقبل ذكر المعادلات المختلفة لحساب الاحتياجات الضيقية لابد من معرفة معادلة الاتزان المالحى فى التربة . Salt balance eq.

$$V_i C_i - V_d C_d - S_d - S_p - S_e \dots \dots \dots (2)$$

V_i = حجم مياه الري.

V_d = حجم مياه الصرف.

C_i = تركيز الأملاح الكلية فى مياه الري.

C_d = تركيز الأملاح الكلية فى مياه الصرف.

S_p = الأملاح التي ترسبت في التربة من مياه الري.

S_d = الأملاح المذابة من معادن التربة.

S_e = الأملاح المذابة بواسطة المحلول.

ومع الافتراض أن قيم كل من S_p ، S_d ، S_e صغيرة فيمكن اختصار المعادلة ٢ عند الأثران إلى

$$V_i C_i - V_d C_d = 0 \text{ or } \frac{V_d}{V_i} = \frac{C_i}{C_d} \dots\dots\dots(3)$$

حساب الاحتياجات الغشائية: Computing of LR

من الممكن استعمال المعادلة (٣) المستنبطة من الميزان الملحي لتقدير (LR) كالاتي: إذا أخذنا التوصيل الكهربائي (E) مقياس التركيز للملوحة:

$$LR = \frac{1}{e} \frac{EC_i}{EC_{ss}} \dots\dots\dots(4)$$

EC_i = التوصيل الكهربائي لمياه الري، mmhos/cm.

EC_{ss} = التوصيل الكهربائي للمحلول الأرضي (في منطقة الجذور) الذي يختار

قيمته بحيث لا تتعدى الحد الذي يتحملة النبات المعين المزروع، mmhos/cm.

e = كفاءة عملية الغسيل Leaching efficiency.

ويمكن تقدير كفاءة عملية الغسيل e بواسطة العلاقة $e = \frac{C_d}{C_r} \times 100$ ، حيث:

C_r = تركيز الأملاح الذائبة الذي يتحملة النبات في منطقة الجذور عند نسبة

رطوبة قرب السعة الحقلية (F.C.).

وأحياناً للتسهيل تستعمل للمعادلة (٣) كما هي في حساب الاحتياجات الغشائية أى أن

$$LR = \frac{V_d}{V_i} = \frac{C_i}{C_d}$$

ملاحظة:

في حالة سقوط مياه الأمطار فيجب تعديل قيمة التركيز C_i إلى التركيز المتوسط

الفعال C_i لكلا من مياه الري المستعملة V_i ومياه الأمطار المؤثرة R_e .

$$C_i = \frac{V_i C_i + R_e C_{Re}}{V_i + R_e}$$

معادلة Eaton لحساب LR

من المعادلات المتداولة والمفيدة عملياً في حساب الاحتياجات الغسيلية:

$$LR = \frac{(P.S.)_i \times 100}{2(P.S.)_{ss} - (P.S.)_i} = \dots\dots\dots(5)$$

$(P.S.)_i$ = جهد الملوحة في مياه الري (meq/L).

$(P.S.)_{ss}$ = متوسط جهد الملوحة (meq/L) في المحلول الأرضي والذي يتحمله النبات

ويمكن من الناحية العملية أن يأخذ $(P.S.)_{ss}$ قيمة متوسطة تساوي ٤٠ ملليمكافى/لتر فى حالة المناخ الجاف أو شبه الجاف.

مثال (١):

لحسب بالتقريب الاحتياجات الغسيلية لمحصول في منطقة شبه جافة إذا علمت أن تركيزات الكلوريد والكبريتات في مياه الري كالتالى:

$$Cl = 420 \text{ ppm}$$

$$SO_4 = 384 \text{ ppm}$$

الحل: أنسب طريقة لحساب LR هي المعادلة (5).

$$LR = \frac{(P.S.)_i \times 100}{2(P.S.)_{ss} - (P.S.)_i} =$$

$$(P.S.)_i = Cl + \frac{1}{2} SO_4 \text{ meq/L.}$$

$$= \frac{420}{35.5} + \frac{1}{2} \frac{384}{48}$$

$$= 12 + 1/2 (8) = 16 \text{ meq/L}$$

$$\text{Then, } LR = \frac{16 \times 100}{80 - 16} = \frac{16 \times 100}{64} = 25 \%$$

أن الاحتياجات الغسيلية تساوى ٢٥% من احتياجات الري (IR).

ملاحظات هامة: فى الحقيقة يمكن كتابة معادلة Eaton فى صورة عامة كالآتى:

$$LR = \frac{C_i \times 100}{(C_m - C_i)}$$

حيث أن C في هذه الحالة عبارة تركيز الأملاح (سواء في ماء الري أو في المحلول الأرضي) وتأخذ أى وحدات متجانسة.

معادلة Kovda لحساب LR

هذه المعادلة تأخذ في الاعتبار نوع التربة (قوامها) وعمق مستوى الماء الأرضي وملوحتها وقد وضعت الاحتياجات الغسيلية بوحدات مم ماء اللازمة لغسيل قطاع من التربة عمقه ٢ متر.

$$LR = n_1 \times n_2 \times n_3 \times (4000 S_2) \pm 100 \dots\dots\dots(6)$$

LR = الاحتياجات الغسيلية بوحدات مم (mm).

S_2 = متوسط تركيز الأملاح الموجودة في عمق ٢ متر في التربة كنسبة مئوية (%).

n_1 = معامل تتوقف قيمته على نوع للتربة:

أرض رملية = $n_1 = 0.5$

أرض لوميه = $n_1 = 1.0$

أرض طينية = $n_1 = 2.0$

n_2 - معامل تتوقف قيمته على عمق مستوى الماء الأرضي

For water table depth from 1.5-2m $n_2=3$, 2-5m $n_2=1.5$, and 7-10m $n_2=1.0$

n_3 = معامل تتوقف قيمته على درجة ملوحة الأرضي

الملوحة المتوسطة = $n_3 = 1.0$ for weak- medium salinity

الملوحة المتوسطة = $n_3 = 2.0$ strong salinity

الملوحة الشديدة جداً = $n_3 = 3.0$ very strong

مثال (٢):

احسب الاحتياجات الغسيلية بوحدات المتر المكعب للذئان اللازمة لأرض لوميه

Loamy متوسطة الملوحة لها درجة ملوحة تساوي ٢ % والماء الأرضي على عمق ٨

متر؟

الحل: أولاً نفترض أن نسبة الأملاح ٢% هي متوسط درجة الملوحة في قطاع ٢ متر من التربة.

وبالتعويض في المعادلة (٦):

$$LR = 1 \times 1 \times 1(400 \times 2) \pm 100$$
$$800 \pm 100 \text{ mm water}$$

ولكى نحصل على قيمة LR بوحدات المتر المكعب للفدان فيجب أن تضرب في مساحة الفدان.

$$LR = \frac{800}{1000} \times 4200 = 3360 \text{ m}^3/\text{Feddan} = 8064 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

وهنا يجدر بنا الإشارة إلى أن عملية الغسيل ليس من الضروري أن تتم تحت ظروف الغمر (أي غمر التربة بالماء Flooding) والتي تحتاج إلى وجود صرف جيد ولكن من الممكن إضافة الاحتياجات للغسيلية على شكل جرعات مع نظام الرش Sprinkling وبدون الاحتياج إلى وجود صرف جيد. وعموماً هناك طرق مختلفة للغسيل كل منها تخضع لشروط معينة ولا يتسع المجال لدراستها هنا.

الكتاب السادس
تخطيط شبكة الري ومكوناتها الأساسية

Planning of an Irrigation System and its Components

أولاً: تصميم شبكة الري:

تعرف شبكة الري بأنها ذلك النظام الذى يقوم بتوصيل وكذلك بتوزيع المياه على الأراضي الزراعية وذلك من أحد أو أكثر من مصادر المياه التى سبق ذكرها. وتتكون شبكة الري من مجموعة الترع والقنوات المائية وكذلك مجموعة المنشآت الهندسية من محطات رفع وبوابات توزيع وجسور وطرق ومشايخ بينها. وماخذ المياه من المصدر يكون مصمما بحيث يمرر كمية معينة من المياه ويدفعها فى شبكة الري فى الوقت المناسب إما بطريقة ميكانيكية عن طريق محطات للرفع إذا كان منسوب المياه عند المصدر أقل من الأرض الزراعية وإما بطريقة مباشرة إذا كان منسوب المياه عند المصدر أعلى من الأرض الزراعية. وشبكة الري قد تكون مفتوحة (الترع الرئيسية وترع للتوزيع) وقد تكون مغطاة فى صورة مجموعة من مواسير المياه تحت ضاغط أو بدون ضاغط أو قد تكون فى بعض أجزائها مفتوحة وفى الأخرى مغطاة.

وتتوقف كمية المياه المارة فى ترع وقنوات الري على مساحة المقطع المارة خلاله المياه وكذلك سرعة مرور المياه ويعرف معدل سريان المياه خلال الترع والقنوات بأنه نصرف الترع وهو كمية المياه المارة فى وحدة الزمن.

$$\text{نصرف الترع} = \text{مساحة المقطع} \times \text{السرعة.}$$

وتتوقف سرعة مرور المياه على:

١- شكل للمجرى المائى فقد يكون مستطيلاً أو شبه منحرف أو بوضاوى أو نصف دائرة ويشترك فى حساب سرعة المياه بمعيار يعرف باسم نصف القطر الهيدروليكي وهو نسبة مساحة المقطع إلى المحيط المبتل.

٢- مدى خشونة قاع وجوانب الترع والذى يتمثل فى صورة معامل يعرف باسم معامل الخشونة والذى يختلف باختلاف المواد المبطنة للقنوات كما يتضح ذلك من الجدول اللاحق.

٣- ميل التربة أو القناة والذى يتمثل فى فرق الارتفاع بين نقطتين على طول قاع التربة مقسوماً على المسافة بينهم.

معامل الخشونة للترع والقنوات المبطنة بمواد مختلفة.

المادة المبطنة	معامل الخشونة (n)
أرض مستوية نظيفة	٠,٠٢٥
أرض نامى بها قليل من النباتات	٠,٠٣٥
غطاء نامى بها كمية كثيرة من النباتات	٠,٠٤ - ٠,١٠
غطاء من الزلط والحصى	٠,٠٢٠
غطاء طيني	٠,٠١١
أسمنت مسلح	٠,٠١٥

ولحساب سرعة المياه فى الترعة والقنوات تستخدم معادلة ماننج.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

حيث V = متوسط السرعة، متر فى الثانية.

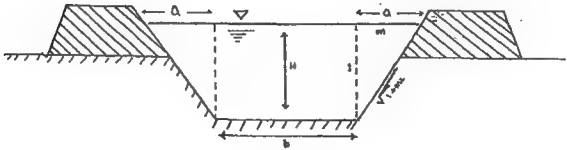
n = معامل الخشونة.

R = نصف القطر الهيدروليكي، متر.

S = ميل الترعة.

والمثال الثانى يوضح كيفية حساب تصرف ترعة أو قناة على شكل شبه منحرف

كما هو موضح بالرسم التالى:



$$Q = A \times V$$

التصرف = مساحة المقطع × السرعة

مساحة المقطع بالنسبة للشكل الشبه المنحرف هي:

$$= \text{القاعدة المتوسطة} \times \text{الارتفاع}$$

$$A = \frac{b + b + 2mH}{2} \times H = (b + mH)H$$

وأما نصف القطر الهيدروليكي (R) = مساحة المقطع / محيط الأبتلال

$$R = \frac{(b + mH)H}{b + 2H\sqrt{1 + m^2}}$$

حيث b = عرض قاع القناة، متر،

m = ميل جوانب للترعة = الأفقي/الرأسي

H = عمق الماء في الترعة، لمتر.

وبمعرفة معامل الخشونة من الجداول الخاصة به وتحديد ميل قاع الترعة وهى ميل سطح الماء بها يمكن حساب السرعة المطلوبة بتطبيق معادلة ماننغ ثم حساب التصريف المار (Q) كما سبق بالتحكم أما فى عرض القناة أو ارتفاع الماء بها فى أقصى تصرف.

ويجب أن يكون عمق الترعة أو القناة مناسبة لمرور أقصى تصرف بها مضافا إليه ٠,٢ - ٠,٦ وعادة ما يكون عرض قاع الترعة أخذ هذه الأطوال ١, ١,٢, ١,٥, ١,٨, ٢,٠٠, ٢,٥, ٣,٠٠, ٤, ٤,٥, ٥, ٦, ٦,٥, ٧, ٧,٥, ٨ متر. إلخ.

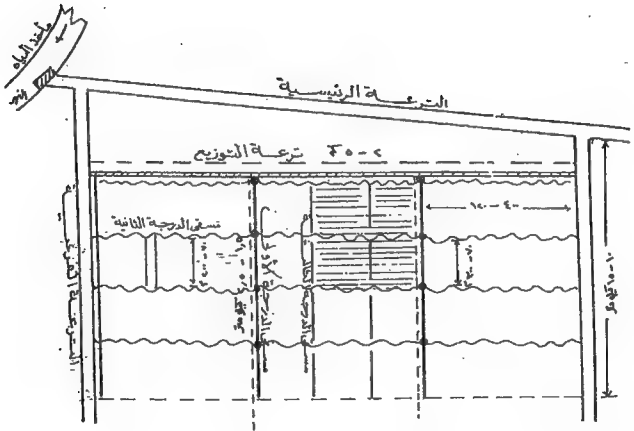
وأما ميل الجوانب فيعتمد على نوع الصخر أو الأرض المارة بها الترعة فمثلا فى الأرضى للزلطية تكون فيه ١ والأراضى الرملية ٢ وأما إذا كانت الأرض صخرية أو من الحجر الجيرى أو طينية فتتراوح قيمته من ٠,٠١ - ٠,٧٥. وهذه الأرقام التى ذكرت سابقا قد تتغير وذلك حسب الظروف الاقتصادية والتكنولوجية للمناطق المختلفة.

وتصمم شبكة الرى كما هو موضح بالشكل التالى وتتكون من الأتى:

١- مأخذ للمياه.

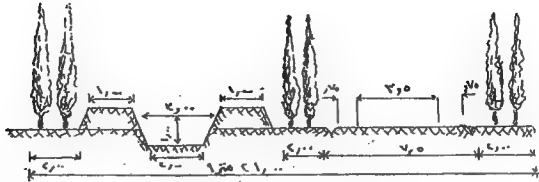
٢- الترعة الرئيسية.

- ٣- الترععة الفرعية.
- ٤- ترعة التوزيع.
- ٥- مسقى الدرجة الأولى (مسقى الأحواض).
- ٦- مسقى الدرجة الثانية (مسقى للحوض).
- ٧- مسقى الدرجة الثالثة. (مسقى للقطم).
- ٨- شبكة للصرف.
- ٩- حدود الزمام.



شكل توضيحي لنظام شبكة الري

وتتضمن شبكة الري بالإضافة إلى الترع والقنوات المختلفة مأخذ المياه من النهر وكذلك الجسور والطرق والأشجار المنزوعة كما يتضح ذلك من الشكل التالي.



مثال لتوزيع شبكة الري والطرق والجسور

أما قنوات الري فتشمل الآتي:

١- الرياح: وهو الذي يقوم بنقل المياه من نهر النيل مباشرة ويوزعها على الترع الرئيسية وتتوفر به المياه طوال العام.

٢- التربة الرئيسية: وهي عموماً التربة التي تنقل المياه من مأخذ المياه سواء كان النهر مباشرة أو الرياح ويجب أن يختار مسارها بحيث تمر في الأماكن المرتفعة حتى يسهل توزيع المياه منها بالراحة دون استخدام وسائل ميكانيكية لرفع المياه منها ولا يروى مباشرة منها بل تقوم بتوزيع المياه على الترع الفرعية وتتواجد بها المياه طوال العام. ويتراوح طولها من ٧٠-٨٠ كيلو متراً وتبلغ المسافة بين الترعتين من ١٠-١٥ كيلو متراً والميل ٥-٨ سم/ كيلو متر.

٣- التربة الفرعية: وهي التربة التي تأخذ مياهها من التربة الرئيسية ويبلغ طولها ١٠-١٥ كيلو متر والمسافة بين الترعتين ٢-٥ كيلو متر والميل ٨-١٢ سم/ كيلو متر وتقوم بتوزيع المياه على مساحة حوالي ٣٠,٠٠٠ فدان وتتواجد أيضاً بها المياه طوال العام أما إذا قل زمامها فقد تستخدم كثرة توزيع وبالتالي تتواجد بها المياه أثناء مناولات الري فقط وقد يروى منها مباشرة.

٤- ترعة التوزيع: وهذه التربة تأخذ مياهها من التربة الفرعية ويبلغ طولها من ٢-٥

كيلو متر والمسافة بين الترعتين تتراوح بين ١,٥ - ٢,٥ كيلو متر والميل ١٢ - ١٥ سم/ كيلو متر وتقوم بخدمة مساحة ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ فدان.

٥- مسقى الدرجة الأولى: وهو ضمن شبكة الري للدخلية والتي تحتوى على مساقى من الدرجة الأولى والثانية والثالثة. ومسقى الدرجة الأولى يعرف بمسقى الأحواض ويبلغ طوله من ١,٥ - ٢,٥ كيلو متر والمسافة بين المساقى من ٤٠٠ - ١٢٠٠ مترا والميل ١٥-٢٠ سم/ كيلو متر ويقوم بخدمة مساحة قدرها ١٠٠ - ٣٠٠ فدان.

٦- مسقى الدرجة الثانية: وهو مسقى الحوشة ويبلغ طوله من ٤٠٠ - ١٢٠٠ مترا وتبلغ المسافة بين المساقى ٧٠ - ٢٠٠ مترا والميل ٢٠ - ٣٠ سم/ كيلو متر ويقوم بخدمة مساحة من ٢٠ - ٥٠ فدان.

٧- مسقى الدرجة الثالثة: وهو مسقى القطع ويبلغ طوله من ٧٠ - ٣٠٠ مترا وتبلغ المسافة بين المساقى ١٠٠ - ١٢٠ مترا والميل ٣٠ - ٥٠ سم/ كيلو متر ويقوم بخدمة ٥ - ١٠ فدان.

٨- المروى أو الملاية: وهذه تخطط بصفة مؤقتة لتأخذ للمياه من مسقى الدرجة الثالثة وتقوم بتوزيعها إما على الأحواض الصغيرة إذا كانت للزراعة فى أحواض أو إلى الخطوط إذا كانت الزراعة على الخطوط.

ثانياً: توزيع المياه بشبكة الري:

من المتبع أن تقوم الدولة بحساب ما يعرف باسم المقننات المائية لشبكة الري حيث تحسب كمية المياه التى يجب أن تنقلها ترعة معينة فى وحدة الزمن وذلك لفترة معينة لتوصيلها إلى الحقل وذلك بحساب المساحة التى تقوم بخدمتها والمقنن المائى الحقلى وهو التصرف أو كمية المياه اللازمة للفدان الواحد فى وحدة الزمن أيضاً ولستكن اليوم مثلاً ثم يضاف إلى هذا المقنن أيضاً الفقد بالرشح من القنوات أو بالبخر أثناء النقل أو بالنتج للأشجار على جانب الترعة. بعد ذلك توزع المياه على المناطق المختلفة حسب احتياجاتها فى الأوقات المختلفة من السنة وذلك بواسطة بوابات التوزيع المختلفة.

وفى مصر فرضت وزارة الري نظماً لتوزيع المياه على الترع يعرف هذا النظام باسم مناوبات الري وهو فتح المياه على ترع التوزيع بالكمية اللازمة لري زمامها

في فترة زمنية محددة تسمى دور العمالة، ثم تمنع عنها المياه في فترة أخرى تسمى دور البطالة والهدف من نظام المناوبات هو:

- ١- تنظيم توزيع المياه على المناطق المختلفة بالجمهورية.
- ٢- تنظيم أعمال المزارعين ومهندسي الري.
- ٣- تقليل كمية المياه المفقودة عن طريق الرشع من تسرع للتوزيع وحماية الأراضي المجاورة لها من هذا الرشع المستمر إذ أن الرشع تصبح كمصرف في دور البطالة.
- ٤- إعطاء الفرصة لأعمال صيانة الرشع في دور البطالة.

والمناوبات بصفة عامة إما ثنائية أو ثلاثية

المناوبات الثنائية: وفيها تطلق المياه بالترعة لفترة زمنية ثم تقفل عنها بنفس الفترة أى أن ترع التوزيع الواقعة في زمام الترعة الرئيسية أو الفرعية تقسم إلى مجموعتين متساويتين في المساحة وتكون المياه داخلية في الترعة الرئيسية بصفة مستمرة ثم تحول هذه المياه إلى المجموعة الأولى وتستمر بها فترة زمنية معينة ثم تقفل عنها وتحول إلى المجموعة الثانية وتستمر بها نفس الفترة الزمنية ثم تعود إلى المجموعة الأولى وهكذا. ويعتبر مجموع الفترتين مدة المناوبة والمفروض أن هذه المدة تتوقف على الفترة بين الريات.

المناوبات الثلاثية: وفيها تقسم ترع التوزيع الواقعة في زمام الترعة الرئيسية أو الفرعية التي توجد بها المياه باستمرار إلى ثلاثة مجاميع متساوية كلما أمكن. وتطلق المياه إلى المجموعة الأولى لتستمر فترة زمنية معينة ثم تحول إلى المجموعة للثانية بنفس الفترة ثم إلى المجموعة الثالثة بنفس الفترة وهكذا تتكرر الدورة وتكون مدة المناوبة في هذه الحالة هي مجموع الثلاث فترات.

وتقسم المناوبات في جمهورية مصر العربية إلى الآتي:

١- السدة الشتوية: وتبدأ في أوائل يناير وتنتهى في أوائل فبراير. وفيها تمنع المياه عن جميع الترع ماعدا الترع الرئيسية والترع الملاحية الكبيرة لغرض الشرب والملاحة. وخلال هذه الفترة يتم تطهير الترع وترميمها وإنشاء أعمال الري اللازمة.

٢- المناوبات الربيعية: بعد السدة الشتوية تطلق المياه في جميع الترع بما في ذلك ترع التوزيع لمدة حوالي أسبوعين أو ثلاثة لمد احتياجات الري. ويبدأ بعد ذلك تنفيذ المناوبة

الربيعية وهى ثلاثية ومدة المناوبة ١٥ يوماً. ويستمر العمل بها حتى منتصف شهر أبريل. وفى هذه الأثناء يكون جزءاً من الأرض مزروعاً بالمحاصيل الشتوية (قمح - شعير - فول - برسيم) والجزء الآخر بالمحاصيل الصيفية كالقطن.

٣- المناوبات الصيفية: وتبدأ بعد المناوبة الربيعية مباشرة وتكون المحاصيل الشتوية قد تم حصادها وأصبحت تربتها عارية (أرض شرقى) ويبدأ أعدادها لزراعة المحاصيل النيلية وأهمها للذرة والأرز. وقد تكون المناوبة الصيفية ثنائية أو ثلاثية حسب نوع الزراعات.

أ- مناوبة ثنائية: ومدة ثمانية أيام (لربعة عمالة وأربعة بطالة) وتتخذ فى مناطق زراعة الأرز لأنه يحتاج إلى فترات متقاربة فى الريات (أى كل ٨ أيام).

وفى بداية هذه المناوبات يكون جزءاً من الأرض مشغولاً بالزراعية الصيفية كالقطن وجزءاً آخر بنبات الأرز والباقي شرقى ويجب أن تكفى المياه المطلقة فى ترعة التوزيع فى الدور الواحد لرى جميع زمام الأرز + $\frac{1}{2}$ زمام القطن + $\frac{1}{4}$ زمام الشرقى أى أن القطن يروى فى دورين مناوبة وللشرقى فى أربعة أدوار. ثم تنظم المياه بعد ذلك بحيث تكفى فى الدور الواحد لرى جميع زمام الأرز وتكون الفترة بين ريائه ٨ أيام، $\frac{1}{2}$ زمام القطن، $\frac{1}{2}$ زمام الذرة والفترة بين ريائه ١٦ يوماً.

ب- مناوبة ثلاثية: ومدة ١٨ يوماً (٦ عمالة، ١٢ بطالة) على ترعة التوزيع الواحدة. ويكون جزءاً من الأرض مشغولاً بنبات القطن والباقي شرقى يراد أعداده لزراعة الذرة وفى دورة المناوبة الواحدة يجب أن تكفى المياه لرى جميع زمام القطن + $\frac{1}{2}$ زمام الشرقى وبعد غمر جميع الشرقى يجب أن يتم فى الدور الواحد لرى جميع زمام القطن و زمام نبات الذرة. ويستمر العمل بالمناوبة الثلاثية حتى منتصف أغسطس وبالمناوبة الثنائية (مناطق الأرز) حتى منتصف سبتمبر.

٤- المناوبة النيلية: تبدأ بعد الصيفية مباشرة وهى ثلاثية مدتها ١٥ يوماً، ٥ عمالة، ١٠ بطالة. وتستمر هكذا حتى لواخر ديسمبر إذ تطلق المياه فى الأسبوع الأخير فى جميع الترع قبل العدة الشتوية وخلال هذه المناوبة تكون الأرض مشغولة بالزراعات الشتوية التى تعقب الصيفية أو النيلية ويكون للجزء الباقى أما أرض بور تعد لزراعة القطن أو مزروعة برسيم تحريش وتكون الفترة بين ريات المحاصيل المزروعة ١٥ يوماً.

كتاب السليح
طرق إيصال الماء إلى الأرض

Methods of Water Application to the Soil

يضاف الماء إلى الأرض بطريقتين إما طبيعياً أو صناعياً. وطرق إضافة الماء إلى الأرض تنقسم كما يلي:

أ- الإضافة الطبيعية (الأمطار):

هذه تمثل حجم المياه الساقطة على مساحة معينة ويمكن التعبير عنها بوحدات عمق من الماء على وحدة المساحات. وهذا الحجم من الماء جزء منه يفقد بالجريان السطحي وجزء آخر يرشح خلال الأرض والجزء الذي يرشح خلال الأرض جزء منه يمسك بواسطة الأرض وجزء آخر يتخلل قطاع الأرض إلى أسفله - وجزء من هذا الماء يستخدم في عملية غسيل الأملاح في منطقة الجذور وفي هذه الحالة لا يعتبر من الفوائد حيث يستفاد به ويعرف صالحي الأمطار الفعال *Net effective precipitation* بأنه كمية الأمطار التي تحتفظ بها الأرض مضافاً إليها حجم الماء المستخدم في عملية الغسيل.

ب- الإضافة الصناعية للماء (الرى):

يعرف ماء الرى بأنه كمية المياه المضافة صناعياً في عملية الرى والتي لا تشمل كمية الأمطار الساقطة. وكمية مياه الرى المستخدمة تشمل حجم الماء المخزن في منطقة الجذور مضافاً إليها كمية المياه المستخدمة في عملية البخرنتج خلال الفترة من بداية الرى حتى وصول الأرض للسعة الحقلية. وأيضاً تشمل الماء المفقود بالرشح العميق وهذا يشمل جزئين جزء فعال في عملية التسيل وجزء آخر غير فعال زائد عن عملية التسيل ويغذى المياه الجوفية. ويضاف الماء إلى الأرض عملياً بإحدى طرق الرى المختلفة.

طرق الرى *Methods of irrigation*

تختلف المساحات المروية المختلفة أو الأراضي التي تستخدم الرى في خواصها وصفاتها من مكان إلى آخر. ويجب أن تختار طرق الرى المناسبة للأراضي المختلفة والمحاولة بظروف طبيعية معينة بحيث تناسب هذه الطرق مع تلك الظروف، ولا يشترط أن تكون الطريقة التي يتبعها أو يتوارثها مجتمع زراعى معين هي الطريقة المثلى أو المناسبة؛ فهناك عديد من العوامل التي تحدد اختيار طرق الرى. ومن هذه العوامل نوع المحصول اللازم ريه، مصدر المياه المستخدم، نفاديه الأرض للماء وكمية المياه التي يمكن أن تحتفظ بها الأرض.

ويمكن الحصول على إنتاج أمثل بصفة مستمرة من الأراضي المروية إذا أضيف الماء بحكمة ودراية بحيث يمد النبات باحتياجاته المائية الفعلية وبأقل قدر ممكن من الفاقد. وطريقة الري التي تختار يجب أن تكفل للمحافظة على الأرض والماء.

وماء الري يمكن أن يضاف إلى الأرض بلحدي للطرق التالية:

- ١- الري بالغمر flooding وذلك بغمر كل سطح الأرض.
- ٢- الري بالخطوط furrows وذلك بغمر جزء فقط من سطح الأرض.
- ٣- الري بالرش sprinkler حيث ترطب الأرض بنفس الطريقة التي يرطب بها المطر سطح الأرض.

٤- الري تحت السطحي sub-irrigation حيث يرطب سطح الأرض بكميات قليلة بينما يكون تحت السطح مشبعاً بالماء.

٥- الري بالتنقيط drip irrigation حيث ترطب منطقة جذور النباتات.

وقد قام المشتغلون بالري باستحداث عدة طرق لإضافة الماء تحت إحدى الوسائل العامة التي سبق ذكرها. فيمكن أن يتم الري بالغمر بواسطة الشرائح أو بالأحواض أو بواسطة قنوات الري الكنتورية. والري بالخطوط كما هو معروف من اسمه عبارة عن خطوط متوازية لبعضها فإذا كانت المسافة بين الخطوط صغيرة أو متجاورة لبعضها يعرف هذا الري بالري بالسطور.

وأما الري بالرش فهو يشابه ري الأمطار حيث يرش الماء المنقطع تحت ضغط من الأنابيب الخاصة بذلك. وفي حالة الري تحت السطحي يدفع الماء أسفل سطح التربة ويجب أن تؤخذ الاحتياطات الواجبة بعدم تدهور التربة ونزلة بالتحكم في كمية المياه المناسبة حسب الحاجة حتى لا يحدث تملح للتربة.

ولنجاح أى من الطرق السابقة يجب أن يتحكم تحكماً كاملاً في الماء المعطى حيث يعتبر هذا الشرط من الضروري للمحافظة عليه طوال الوقت. ففى حالة الري بالتنقيط تتساقط قطرات بجوار جذور النبات بمعدل متساوى لاستهلاكهما واحتياجه.

١- الري بالشرائح Border irrigation

يقسم الحقل إلى عدد من الشرائح يبلغ عرضها عموماً ٥-١٥ متر وطولها من ٢٠٠ - ٧٥ متر تفصل عن بعضها بواسطة بنون أو رشاحات غير عميقة وتطلق المياه

فى هذه الشرائح بحيث يتحرك الماء من أعلى لأسفل حسب الميل فى صورة طبقة من الماء حيث أثناء مرور الماء تشبع الطبقة التى تمر فوقها للعمق المطلوب. وبهذا يقدر الإمكان بحسب الزمن والكمية اللازمة لرى الشريحة الواحدة بحيث فى نهاية هذا الزمن تنتقل المياه إلى الشريحة التى تليها وهكذا. ولرى بالشرائح يعتبر مناسباً لأنواع كثيرة من الأراضى التى تختلف فى القوام من رملية إلى طينية ولو أنه لا ينصح بها فى الأراضى الثقيلة ذات معدل الرشح البطئ. وعموماً يستخدم الرى بالشرائح لمحاصيل المراعى والحبوب فى الأراضى ذات الميول حتى ٣% وعند عمل البتون المحيطة بالشرائح يجب أن تكون بإرتفاع مناسب بحيث يزيد عن ارتفاع أقصى كمية مياه سوف تمر فوق الشريحة. ويمكن أن يتم عمل هذا البتون إما بطريقة ميكانيكية بإحدى الآت التسوية أو بطريقة يدوية. ويفضل أن يكون سطحها دائرياً وليس هرمياً حتى يمكن زراعة هذه البتون أيضاً بالمحصول المزروع وحتى لا تترك مساحة من الأرض بدون زراعة. وقد أثبتت الخبرة والتجارب العملية أيضاً أنه إذا كان ميل الأرض حاداً فيجب أن تقل المسافة بين البتون. ويجب أن تسوى الشريحة بحيث يضمن توزيع المياه على كل المساحة بصورة عادلة. ونظراً لكثرة انتشار هذه الطريقة نظراً لملائمتها لكثير من الظروف فيجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند استخدامها الخواص الطبيعية للأرض ومنسوب سطح الأرض قبل الأعداد للرى بالشرائح حيث تصب مساحة الشرائح وأطولها المناسبة بهذه الأرض.

ولاستخدام هذه الطريقة يتطلب التالى:

- ١- وجود سريان كبير نسبياً من مياه الرى.
- ٢- وجود ميل بسيط فى طوبوغرافية المنطقة.
- ٣- تسوية الأرض بعناية كاملة.

٢- الرى بالأحواض Basin irrigation

يعنى الرى بالأحواض إضافة الماء إلى قطع من الأرض المستوية والمحاطة ببتون. وتستخدم هذه الطريقة فى كثير من الأراضى ذات القوام المختلف وكذلك المحاصيل المختلفة. وتعتبر هذه الطريقة مناسبة للأراضى ثقيلة القوام ذات معدل التسرب أو النفاذية المنخفضة حيث تتطلب وجود الماء على سطحها لمدة مناسبة لاتاحة الفرصة للماء لاخترق الأرض. وغالباً ما تستخدم لغسيل الأملاح بالتسرب العميق عند استصلاح

الأراضي الملحية وكذلك الري المرعى وحدائق الفاكهة ومحاصيل العلف ومحاصيل الحبوب ونظرا لارتفاع تكاليف التسوية فإن هذه الطريقة يفضل استخدامها في الأراضي المستوية فقط. وفي حالة ري حدائق الفاكهة تستخدم أحواض صغيرة تعرف باسم Checks. ولكن عموما يمكن للأحواض أن تأخذ شكلا مربعا أو مستطيلا أو أشكال غير منتظمة وتختلف في مساحتها من ٢ متر مربعا إلى أكثر من ذلك. وعند الري ثملاء هذه الأحواض بالماء لارتفاع يسمح لملاء الخزان الأرضي في منطقة الجذور بالماء وبالنسبة للمناطق التي تسقط عليها الأمطار بغزارة يكون من الواجب استخدام إحدى الوسائل المستخدمة للصرف السطحي.

٣- الري بقنوات الري الكنتورية Contour ditch irrigation

وفيه يتحكم في غمر الحقل بواسطة قنوات تملئ الخطوط الكنتورية بحيث تسمح بغمر الأرض أسفلها والمحصورة بين قناة الري والتي تليها دون عمل بتون فاصلة بينها. ونظرا لسرعة مرور المياه فوق المساحات بين قنوات الري الكنتورية بحيث قد تمر دون الملأ الكامل لخزان الأرض فيفضل تقليل المسافة بين هذه القنوات الحقلية لضمان توزيع المياه بصورة عادلة. ويؤخذ الماء من هذه القنوات الكنتورية وينوزع على الأرض بواسطة خطوط توزيع أو بواسطة سيفونات وذلك لضمان للتوزيع على كل المساحة المروية. ويفضل الري بالقنوات الكنتورية للمحاصيل التي تزرع على مسافات قصيرة ومتقاربة مثل المراعي وذلك في الأراضي التي يصعب تسويتها وفي الأراضي المنحدرة. وفي هذه الأراضي الشديدة الانحدار تروى بواسطة ما يعرف باسم الخطوط الكنتورية.

٤- الري بالخطوط Furrow irrigation

يستخدم الري بالخطوط الري المحاصيل التي تزرع على خطوط مثل البطاطس والذرة والقطن وأيضا يستخدم لري أشجار الفاكهة والعنب ومحاصيل الخضار وفي هذه الطريقة يضاف الماء بين الخطوط للمنزع عليها للنباتات، وعموما تجرى هذه الخطوط في اتجاه الميل وأحيانا قد تكون مع خط الكنتور وذلك لمنع التآكل بواسطة مياه الري أو الأمطار. والذي يحدد المسافة بين الخطوط نوع المحصول المنزوع. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار نوع الأرض وذلك لتحديد كيفية إبتلال الأرض.

والرى بالخطوط يكون مناسباً للأرضى ذات الميول ولتقوام المختلف. ويمكن استخدام هذه الطريقة في وجود تيار كبير أو قليل من الماء حيث يمكن توجيهه إلى عدد من الخطوط التي تتناسب مع تيار الماء المار. والأرض بين الخطوط يجب أن تكون خالية من النباتات وذلك للسماح للماء بالمرور دون عوائق. وقد يفقد كميات كبيرة من المياه بواسطة التسرب أو الرشح العميق إذا زاد طول الخط عن حد معين. ويجب أن يكون تصرف الماء عند أول الخط عند ابتداء الرى كبيراً حتى يتمكن للماء أن يجري بصورة كافية إلى نهاية الخط وليس بصورة تسبب للتعرية وذلك طوال فترة الرى. وهذا النظام يعدل بحيث يمكن بهذه الطريقة رى المحاصيل التي تزرع على مصاطب حيث تنشأ خطوط على جانبي المصطبة بحيث يكون للنبات لما مزرعاً في وسط المصطبة أو على حافتي المصطبة. ومثل هذه المحاصيل الشمام والبطيخ وبجر السكر وكثير من محاصيل الخضار المختلفة مثل الخس وخلافه.

والجنول التالي يحدد ميول وأطوال للخطوط وكمية للمياه المارة في الخط تبعاً

لمعامل التسرب للأرض.

متوسط معامل التسرب مم / دقيقة	الميل العام للقطعة	طول الخط بالمتر	معدل كمية المياه في الخط لتر / ثانية
أقل من ٠,١٥	٠,٠٠٤ - ٠,٠٠٢	٣٠٠ - ٢٠٠	٣ - ٢,٥
	٠,٠٠٧ - ٠,٠٠٤	٣٥٠ - ٣٠٠	٢,٥ - ٢,٠
	٠,٠١٠ - ٠,٠٠٧	٤٠٠ - ٣٥٠	٢ - ١,٥
من ٠,١٥ - ٠,٣	٠,٠٠٥ - ٠,٠٠٣	٢٥٠ - ٢٥٠	٣,٥ - ٣,٠
	٠,٠٠٨ - ٠,٠٠٥	٣٠٠ - ٢٥٠	٣ - ٢,٥
	٠,٠١٠ - ٠,٠٠٨	٣٥٠ - ٣٠٠	٢,٥ - ٢,٠
أكثر من ٠,٣	٠,٠٠٥ - ٠,٠٠٣	١٥٠ - ١٠٠	٤ - ٣,٥
	٠,٠٠٨ - ٠,٠٠٥	٢٥٠ - ١٥٠	٣,٥ - ٣,٠
	٠,٠١٠ - ٠,٠٠٨	٣٠٠ - ٢٥٠	٣ - ٢,٥

٥- الري بالسطور Corrugation irrigation

تعرف السطور بأنها خطوط غير عميقة تتحدر بميلها من أعلى لأسفل لأخذ مياهها من قناة ري عرضية أو جانبية وتستخدم في ري المحاصيل التي تزرع على مسافات متقاربة من بعضها مثل محاصيل اللعف والحبوب الصغيرة الحجم. والماء يستبع الأرض على جانبي السطر مبللا المسافة بين السطور وتستخدم هذه الطريقة في الأراضي للناعمة القوام والتي تأخذ تصريف للماء ببطء وفي الأراضي متوسطة الميل والغير منتظمة. وغالبا ما تستخدم طريقة الري بالسطور في الأراضي التي تكون قشرة على سطحها اذا استخدم فيها الري بالغمر مثل الأراضي الجيرية. ويختلف عرض السطر والمسافة بين السطور باختلاف الأرض ولكن عموما يمكن القول بأنه في حالة الأراضي المسامية تتقارب السطور من بعضها لتييح الفرصة لابتلال المسافة بين السطور دون حدوث فقد في ماء الري بالتسرب العميق. ولما طول السطور فهو مثل طول الخطوط الذي يعتمد على نوع الأرض وميلها، فيجب أن يكون السطر قصيرا. لدرجة تسمح بـري نهاية السطر ربا كافيا دون أن تزيد كمية مياه الري المعطاة لبداية السطر. والسطور قد تستعمل عند بداية زراعة المحاصيل المعمرة في شرايح وذلك في الفترة الأولى من نموها وبعد أول موسم تروى ربا عاليا بالشرايح.

٦- الري بالرش Sprinkler irrigation

تتلخص هذه الطريقة في إضافة الماء إلى سطح الأرض في صورة رذاذ مشابهة لتقطرات المطر. وتوجد عدة أنواع من نظم الري بالرش منها نظام الري بالرش الثابت والنظام النصف متحرك والنظام المتحرك. ففي نظام الري بالرش الثابت تتكون شبكة الري من مجموعة من المواسير التي تكون الرئيسيات ويخرج منها مجموعة من المواسير الجانبية والتي تعرف باسم الخطوط الفرعية ويركب على هذه الفرعيات الرشاشات على ارتفاعات مختلفة منها ما يكون أسفل الأشجار وأحيانا تكون أعلا من الأشجار وعند ضخ المياه خلال هذه الشبكة بواسطة طلمبة نجد أن الضغط يدفع الماء خلال الرشاشات لينوزع في صورة دائرية بحيث يكون محيط الابتلال لها في صورة دوائر والتي تغطي المساحة المنزعة بالمياه. ولما نظام الري بالرش النصف ثابت فنجد أن الرئيسيات تكون ثابتة بينما

تتحرك المواسير التي تكون الفرعيات وعليها الرشاشات من موقع لآخر. ولما نظم الري المتحرك فكل أجزاءه متحركة فيما عدا الطلمبة.

عيوب الري بالررش فتشمل:

- ١- ارتفاع التكاليف المبدئية لأجهزة ومعدات الري بالررش.
- ٢- ارتفاع تكلفة التشغيل والاستخدام لأجهزة الري بالررش بمقارنتها بطرق الري السطحي الأخرى.
- ٣- انخفاض كفاءة الاستخدام للري بالررش إذا كان الماء متوفرا في فترة قصيرة من الوقت، بينما تزيد هذه الكفاءة إذا كان الماء متوفرا بصورة مستمرة حيث يتطلب توفر الماء بصورة مستمرة.
- ٤- نقل مواسير الري بالررش خلال الحقول الموصلة يكون صعبا ويزيد هذه المشكلة إذا كانت الأرض ثقيلة عما لو كانت الأرض خفيفة.
- ٥- كثير من مبيدات الحشرات أو الفطريات تغسل من على النباتات عند الري بالررش.
- ٦- تحت ظروف مناخية معينة يؤدي الري بالررش لزيادة الإصابة ببعض أمراض النباتات للثمار الغضة والتي تلامس الأرض الرطبة مثل الفرولة والطماطم والتي يزيد إصابتها بالتعفن.
- ٧- يزيد كمية المياه التي تفقد بالبخر من كل سطح الأرض والميل بالماء وأيضا من سطوح أوراق النباتات والمبللة أيضا بالماء.
- ٨- إذا زادت سرعة الرياح عن حد معين فإنها تسبب سوء توزيع للمياه بواسطة الري بالررش.
- ٩- يتوقع حدوث مشاكل ميكانيكية تسبب عدم دوران الرشاش وانسداد فتحاته أو حدوث تسرب في الأنابيب مسببة نقص الضغط داخل المواسير أو حدوث عطل بالطلمبة.
- ١٠- إذا تم الري بالررش وكان الماء المستخدم للري يحتوى على نسبة مرتفعة من الأملاح فإنه يسبب احتراق أو موت أوراق النباتات.

ونظام الري بالرش يمكن استخدامه لعدة سنوات إذا صمم بطريقة مناسبة ومطابقة لظروف المنطقة المنزرعة وإذا أحسن صيانتته والعناية به واستخدامه بطريقة صحيحة. فمن أهم مميزات الري بالرش اعطاء المقننات المائية المثلى للنبات.

٧- الري تحت السطحي: Subsurface irrigation

تتطلب هذه الطريقة التحكم في منسوب سطح الأرض بحيث يصبح عمق الجذور غير مشبع بالماء لزيادة ولكن يوجد إمداد مستمر لعمق الجذور بالماء الذي يرتفع بواسطة الخاصية الشعرية خلال موسم نمو المحصول. والأراضي التي تصلح بها هذه الطريقة للري تعتبر محدودة وعادة تصلح الأراضي العضوية Peaty soils فهذه الأراضي يجب أن تسمح بسرعة حركة المياه إلى أسفل وفي الاتجاه الأفقي وأيضا تسمح بنقل الماء من سطح الأرض إلى عمق الجذور. يجب أن تكون طبوغرافية المنطقة مستوية متجانسة وتكون تقريبا موازية لسطح الأرض ويجب ألا يكون الماء الأرض مرتفع للملوحة وإلا سوف يسبب تملح لعمق الجذور وتدهور لخصوبة الأرض مما يتطلب استخدام إحدى طرق الري السطحي أو الري بالرش لتفصيل هذه الأملاح المتجمعة في عمق الجذور وخاصة في أراضي المناطق الجافة حيث تقل كمية الأمطار وترتفع درجة الحرارة ويزيد البخر. وتوجد بعض المحاصيل التي تناسبها طريقة الري تحت السطحي بينما لا تصلح هذه للطريقة لري حدائق للفاكهة. وعموما يفضل استخدام تلك الطريقة عند استخدام مياه الصرف الصحي ومياه صرف المصانع في ري المساحات النجيلية للضرائب.

٨- الري بالتنقيط: Drip irrigation

تعتبر طريقة الري بالتنقيط من أحدث الطرق إذا بدأ في استخدامها منتصف القرن الماضي وما زاد من انتشارها توفر المضخات والواشير خفيفة الحمل والمصنوعة من الألومنيوم أو البلاستيك وكذلك الوقود. وأصبح استخدام هذه الطريقة أمرا مألوفا لري كثير من المحاصيل المختلفة والمنزرعة بجميع أنواع الأراضي وعلى طبوغرافية متباينة. ورغم أن حداثة العهد بهذه الطريقة من الري إلا أنه هناك تقديرا هائلا في وسائل إنتاج المنقليات ووسائل تنفيذها. كل هذا ساعد على رفع كفاءة الري بالتنقيط لتتفوق غيرها من الطرق الأخرى وقد انتشرت هذه الطريقة في كل من المكسيك وأستراليا وأمريكا. والفكرة

الأساسية للرى بالتنقيط هي إضافة الماء ببطء شديد على شكل قطرات في موقع النبات نفسه بواسطة أجهزة التنقيط أو المنقطات وتكون الإضافة ببطء شديد بمقارنتها بطريقة الرى بالرش ومعدل اللقظ هنا بطئ جدا وتخرج المياه من المنقطات بحيث تكون تحت ضغط - صفر. وكفاءة هذا النظام عالية جدا وتتراوح ما بين ٨٥ - ٩٥ % بينما فى الرى بالرش ما بين ٧٠-٨٠% لما فى الرى السطحى تتراوح ما بين ٤٠ - ٥٠%.

ويتميز الرى بالتنقيط بالتالى:

- ١- يستخدم فى المناطق الجافة واللى تتميز بأرضى فقيرة وملحية وماء الرى قد يكون ملحيًا أيضا كما أن معدلات البحر مرتفعة والأرضى تكون ذات نفاذية عالية أو متوسطة حيث يتعذر استخدام الرى السطحى.
- ٢- الرى على ميول شديدة الانحدار دون الحاجة إلى إجراء عمليات تسوية تحد من عمق للقطاع.
- ٣- منع عمليات البحر بالنسبة للأرض وأيضا فقد الماء عن طريق الجريان السطحى.
- ٤- توفير الماء للنبات فى موقع النبات نفسه وأيضا توفير الماء بصفة دائمة.
- ٥- الاقتصاد فى مياه الرى حيث تصل كفاءة الرى بالتنقيط إلى ٩٥%.
- ٦- يمكن استخدام المخصبات أو أنواع الأسمدة المختلفة مع مياه الرى بعكس الرى بالرش.
- ٧- المرونة فى الوقت حيث أنه غير مرتبط بأى شئ مثل الرى بالرش والذى يرتبط بعدد الحركات والظرف للمناخية.
- ٨- يمكن تشغيله تحت ضغط منخفض جدا.
- ٩- يمكن تشغيله فى وجود الرياح بعكس الرى بالرش الذى يتوقف على سرعة الرياح.
- ١٠- تزداد المساحة المنزرعة عن طريق تقليل المساحة التى تشغلها القنول والمرأوى.
- ١١- تستغنى عن شبكات الصرف وذلك لعدم وجود زيادة فى الماء أو خفض تكاليفها وتستخدم فى حالة وجود مياه أرضية مرتفعة.

وأما عن عيوبه فتتلخص في التالي:

- ١- التكلفة المبدئية أكبر من أي نظام آخر ولو أنه الوقت الحالي تتوفر أنواع منخفضة التكاليف عن أي أنواع أخرى للري مصنعة من البلاستيك.
- ٢- زيادة تكاليف عمليات الصيانة اللازمة باستمرار نظرا لانسداد المنقطات.

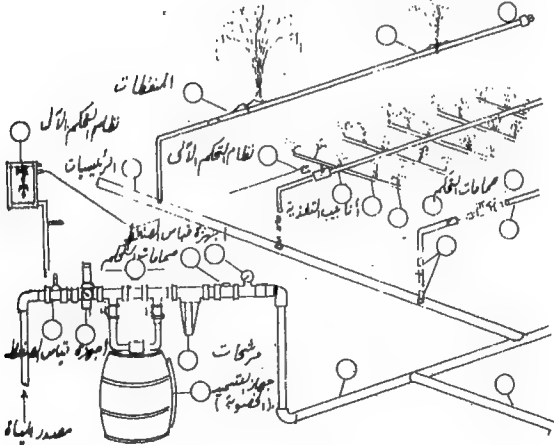
وحيث أن نظام الري بالتنقيط يعتبر من احسن نظم الري ولكنها فسوف يتم دراسة بالتفصيل.

مكونات شبكة الري بالتنقيط: تتكون شبكة الري بالتنقيط بشكل عام كما هو موضح في الشكل التالي من ٣ أجزاء رئيسية هي:

١- أجهزة التنقيط أو المنقطات Drippers.

٢- شبكة مواسير التوصيل Pipe network.

٣- جهاز التحكم Control system.



مكونات نظام الري بالتنقيط

المنقطات: Drippers

تختلف المنقطات من مكان إلى آخر ولكن التصميم متشابه بحيث يكون الماء الخارج تحت ضغط يساوى تقريبا صفر. وذلك يجعل الماء يتحرك فى أطول مسار ممكن وبذلك تنفذ طاقة كبيرة وهذا اللقد يكون ناتج عن الاحتكاك. والتصرف الخارج من المنقطات يتراوح عادة ما بين ٠,٤-٢٠٢ جالون / ساعة.

ويمكن تقسيم للمنقطات مثل للرى بالرش إلى:

- ١- منقطات تعمل تحت ضغط منخفض ٣-٨ باوند / بوصة^٢
- ٢- منقطات تعمل تحت متوسط ٨-١٥ باوند / بوصة^٢
- ٣- منقطات تعمل تحت عالى ١٥-٤٠ باوند / بوصة^٢

وشبكة مواسير التوصيل تتكون من:

- ١- أنابيب رئيسية Main line
- ٢- أنابيب فرعية Lateral lines
- ٣- أنابيب تغذية Feeding lines
- ٤- جهاز الخصوبة Fertilizer apparatus

١- الأنابيب الرئيسية: عبارة عن أنابيب من البلاستيك أو الألو منيوم وأقطارها تعتبر أكبر أقطار الأنابيب الموجودة فى النظام (٦-٨ بوصة) ويركب عليها مجموعة من المحابس والفلاتر والوصلات للربط وجهاز لقياس مقدار الضغط المار ووصلات لجهاز الخصوبة.

٢- الأنابيب الفرعية: هذه لها أقطار أقل من السابقة وتتراوح ما بين ٢-٣ بوصة وتختلف فى أطوالها طبقا للمسافة والتصرف وتكون عمودية على الأنابيب الرئيسية والمسافة بين الأنابيب الفرعية تعتمد على نوع المحصول وعلى هيئة وطريقة زراعته والمسافة عادة تأخذ المدى ما بين ٤ - ٦ قدم.

٣- أنابيب التغذية: وهى تخرج من الأنابيب الفرعية ويركب عليها المنقطات وهى أنابيب من البلاستيك وأقطارها أكبر من أقطار المنقط التى تتركب عليها والأقطار يتراوح ما بين (٠,٥ - ١ بوصة) وأطوال أنابيب التغذية ممكن أن تأخذ أى طول

ويستحسن إلا يتعدى ١٥٠ م وفي بداية كل أنبوية من أنابيب التغذية نضع صمام للتحكم فى الضغط ومعدل التصريف من المنقطات عادة يأخذ المجال من ٠,٤ - ٢,٢ جالون / ساعة وأيضاً تختلف للمسافة بين المنقطات من ٢٠-٦٠ بوصة على طول الخط حسب للتصريف الخارج من كل فتحة وحسب النظام المستخدم والذي يتوقف على نوع الأرض ونوع الحصول وطريقة زراعته وبالنسبة للأنابيب الرئيسية ممكن وضعها فوق أو تحت الأرض وأيضاً الأنابيب الفرعية أما الأنابيب التغذية فتكون فوق سطح الأرض لأنها تحتاج إلى عمليات غسل وصيانة دائماً.

٤- جهاز الخصوبة عبارة عن خزان يتصل أو يقع ما بين الخط الرئيسى والخط الفرعى ويمر خلاله حوالى ١/٤ - ١/٣ الماء الكلى الذى يمر من الخط الرئيسى إلى الخطوط الفرعية ويتوالى عمليات الري اليومى واستخدام سماد نيتروجينى مع مياه الري نصل إلى تحقيق كفاً ري بالتنقيط والتسميد فى نفس الوقت.

جهاز التحكم:

يمكن أن يوضع جهاز واحد للتحكم أو مجموعة من الصمامات وتوزع على النظام كله حتى يمكن التحكم فى الضغط. يتصل بجهاز التحكم مجموعة من المرشحات (الفلاتر) أو مصفاه عند إضافة محلول تسميد مع الماء حيث يتم تصفيته من الشوائب. وتوضع المرشحات فى هذا النظام لضمان عدم مرور أى شوائب أو أى مواد عالقة والموجودة بمياه الري ولتى قد تؤدى إلى انسداد المنقطات.

العوامل التى تأخذ فى الاعتبار فى التصميم:

- ١- نوع التربة نفسها وبهمناء هنا معدل التسرب.
- ٢- الاستهلاك المائى CU لحساب فترات الري.
- ٣- المحصول نفسه له أهمية كبرى فى حالة الري بالتنقيط عنه فى حالة الري بالرش ومهم فى ذلك عمق منطقة الجذور لتحديد كمية الماء المضطربة و لمسافة بين النباتات. أما الري بالرش والري السطحي لا يهمننا المسافة بين النباتات لأن تلك النظم تبال كل سطح الأرض. أما هنا نوصل أجهزة للتنقيط بمسافات معينة ومنها ممكن حساب عدد أجهزة التنقيط التى يمكن استخدامها وفى معظم المحاصيل فإن الري يعطى يومياً وعادة لا تتعدى الفترة بين الريات أكثر من ٣ أيام.

٣- فوائد الماء وكفاءة الري Water losses and irrigation efficiency

من المعروف كما سبق أن خطوات عملية الري تبدأ من نقل المياه من مصدرها خلال شبكة الري إلى المزرعة ثم إضافة حجم معين من الماء عند كل رية للأرض المنزرعة وخلال هذه المراحل تفقد كميات كبيرة من المياه بسبب البخر أو الرشح العميق أو قلة الخبرة العلمية والعملية. فالمشكلة التي تواجه المزارع هي تخزين كمية المياه اللازمة للنبات في منطقة الجذور ولكن بسبب الفوائد التي لا يمكن التحكم فيها تفشل في تخزين كل كمية المياه التي نضيفها في عمق الجذور بحيث تستهلك كلها بواسطة اللبسات. فالجريان السطحي والرشح العميق تمثل أهم مصادر الفقد. وعدم انتظام سطح الأرض ووجود قطاع أرض غير عميق فوق طبقة زلطية ذات نفاذية عالية وطول خطوط الري يؤدي إلى زيادة الفقد وبالتالي نقل كفاءة الري. وعموما يمكن تقسيم الفوائد التي تحدث للمياه في مراحل عملية الري المختلفة وبالتالي كفاءات الري الناتجة عنها إلى التالي:

١- فوائد يمكن التحكم فيها Avoidable losses

أ- فوائد النقل Conveyance losses

وهذه الفوائد تمثل الكمية المفقودة عن طريق البخر المباشر من قنوات الري أو الرشح منها خلال نقلها من مصدر المياه إلى مكان الري بواسطة شبكات الري وأيضا الكمية التي تفقد بواسطة نتج النباتات للنامية في الماء أو المزرعة على جانبي قنوات شبكة الري.

ويمكن حساب كفاءة نقل المياه Water conveyance efficiency بالمعادلة

التالية:

$$E_c = (W_r/W_f) \times 100$$

حيث E_c كفاءة نقل الماء، %.

W_r = كمية التي وصلت المزرعة، متر مكعب.

W_f = كمية التي نقلت من النهر أو الخزان، متر مكعب.

ب- فوائد استلام الماء Delivery losses

تحدث هذه الفوائد عند توزيع المياه داخل المزرعة إلى الحقول فتفقد كميات من المياه خلال الوصلات المختلفة أو فروع شبكة الري في المزرعة.

الفوائد الحقيقية Farm losses

وهذه للفوائد نتج عن سوء توزيع مياه الري والرشح والجذر الناتج عن إضافة كميات زائدة من مياه الري. ونتيجة لذلك نقل كفاءة الري عن ١٠٠% ونحسب الكفاءات كالتالى:

كفاءة إضافة ماء الري Water application efficiency

حيث أنه فى معظم الأحوال تضاف كمية من مياه الري الزائدة عن الكمية التى يمكن تحتفظ بها الأرض. استخدم التعريف كفاءة إضافة ماء الري E_a والذي يقيس كمية المياه المضافة بالنسبة للكمية التى يمكن أن تخزن فى منطقة الجذور W_r والتي تُستخدم بواسطة النبات ويمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$E_a = (W_r/W_f) \times 100$$

حيث E_a = كفاءة ماء الري، %.

W_r = المياه المخزنة فى منطقة الجذور، متر مكعب.

W_f = المياه التى وصلت إلى الحقل فعلاً، متر مكعب.

كفاءة توزيع المياه Water distribution efficiency

وتنقل على التوزيع المتجانس لمياه الري على سطح الأرض وبالتالي فى منطقة الجذور. وتعتبر كفاءة توزيع المياه من العوامل الهامة فى نجاح عملية الري. ففي الحقل الذى لا توزع فيه مياه الري بصورة متجانسة نظراً لسوء التسوية أو سوء طريقة الري المستخدمة أو لآى سبب آخر يؤدي إلى أنه توجد بعض الأماكن التى ستحصل على كميات زائدة عن الري وتجمع المياه فيها وبالتالي فقدتها مما يسبب قلة كفاءة الري بينما بعض الأماكن قد لا تحصل على كمية المياه اللازمة لها وبالتالي نجد بعض الأماكن التى تظهر عليها أعراض تجمع الأملاح. والمعادلة التى نحسب بها كفاءة توزيع المياه كالتالى:

$$E_d = (1 - [y/d]) \times 100$$

حيث E_d = كفاءة توزيع المياه، %.

y = المتوسط العددي للانحراف عن عمق الماء الواجب إضافته، سم.

d = متوسط عمق الماء أثناء عملية الري، سم.

٢- فوائذ لا يمكن التحكم فيها Unavoidable losses

أ- فوائذ البخر الحقلى Field evaporation losses

وهذه تمثل حجم الماء المفقود بالبخر من سطح الأرض مباشرة. والذي يؤثر على هذا الفقد هو طبيعة الأرض والظروف الجوية المحيطة. فمياه الري الزائدة تسبب زيادة الفقد بواسطة البخر.

ب- فوائذ الرشح العميق Deep percolation losses

وهذه تمثل كمية المياه التى تفقد بواسطة الرشح خلال الأرض أسفل عمق منطقة الجذور ولكن يجب أن يؤخذ فى الاعتبار أنه يدخل فى هذا للفاقد كمية المياه المستخدمة فى عملية غسيل الأملاح من منطقة الجذور والتى تعرف باسم احتياجات الغسيل Leaching requirements حيث لا يمكن اعتبارها فوائذ لأنه يستفاد بها فى الحفاظ على مستوى ملوحة فى منطقة الجذور ملائمة لنمو النباتات والحصول على أعلى إنتاجية محصولية.

الكتاب الثاني
نماذج تطبيقية لنظم الري بالخطائق المستعملة حاليًا

Models of Irrigation System in Newly Reclaimed Soils

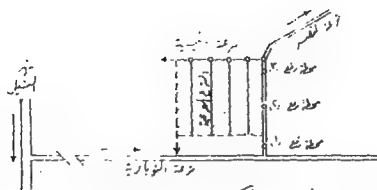
بعد دراستنا لكل من مصادر ونوعية المياه وشبكة الري الرئيسية وخواص الأرض المائية واحتياجات الري ونظم الري المختلفة يلزم متابعة ذلك فى مناطق الاستصلاح والاستزراع الحديثة وخاصة الأراضى التى يملكها الخريجون فى كل من مناطق النوبارية والبستان وبجر السكر وفيما يلى صورة لهذه النماذج حتى يمكن للطالب أن يتعرف على ما يتم على أرض الواقع قبل مواجهته للحياة العملية التطبيقية.

أ- النموذج الأول:

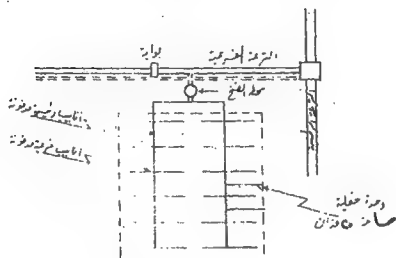
أرض حديثة الاستصلاح وتمثل أراضى رملية بها نسبة قليلة من كربونات الكالسيوم مثل أراضى منطقة النوبارية ويستخدم بها أنظمة الري الحديثة مثل الري بالرش والري بالتنقيط.

١- خواص التربة: أراضى النوبارية لأراضى رملية لومية للقول تصل نسبة الرمل بها إلى ٩٠% وهى أراضى عميقة وتميل إلى الخشونة وأكثر خشونة فى الجزء الشرقى وأكثر نعومة فى الجزء الغربى وعموما معظم المنطقة غير ملحية إلى قليلة الملوحة (٤-٨ ملليموز/سم). نسبة كربونات الكالسيوم الكلية أقل من ١٠% ولا توجد طبقة صماء فى عمق ٢ متر من السطح. السعة المائية لها حوالى ٨-١٠%. المحتوى من العناصر الغذائية لهذه الأراضى منخفض وخاصة النتروجين الكلى والمادة العضوية والذى يدل على التحلل السريع للمادة العضوية.

٢- مصادر المياه ونظام الري: تمت ترعة للنوبارية منطقة غرب النوبارية والتى تشمل الأراضى المستصلحة والقديمة نسبيا والأراضى المستصلحة الجديدة. وترعة للنوبارية تأخذ مياهها من النيل مباشرة بالجانبية وتخرج منها ترعة النصر. وتغذى هذه الترع منطقة النوبارية ومنطقة بجر السكر والبستان وفى منطقة النوبارية توزع المياه من ترعة النصر على عدة أفرع يقام على هذه الأفرع محطات ضخ تقوم كل محطة بخدمة ما بين ١٠٠-٦٠٠ فدان فى المتوسط (شكل رقم ١ أ). والمحطة تقوم بضخ المياه خلال شبكة مدفونة "خارجة من المحطة" من أنابيب الاسبتوس ويتراوح قطرها بين ٨-١٦ بوصة والضغط التصميمى لها ٣,٥ ضغط جوى عند الرشاش. ويخرج من نظام الضخ المدفون ثمانية محابس لكل عشرون فدان (شكل رقم اب) ويقوم كل محبس بخدمة ٥ أفدنة كما يتضح فى شكل ٢.

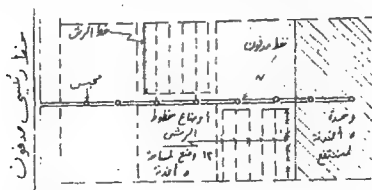


١- مخطط شبكة توزيع ونقل مياه الري



٢- توزيع المياه من محطة الضخ

شكل ١: المخطط التفصيلي لشبكة توزيع ونقل المياه من النيل إلى منطقة النوبارية



شكل ٢: مخطط شبكة الري لمزرعة ٢٠ فدان بمنطقة النوبارية

تشتمل شبكة لرى بالرش الحقلية على عدد ٢ خط بالرش نقالى مكون من أنابيب ألومنيوم بقطر ٣ بوصة لخمة ٢٠ فدان أى بمعدل خط واحد لكل ١٠ أفنة يقوم بالمشاركة فيه عدد ٢ منتفع لكل منهم ٥ أفنة ويركب على هذه الخطوط النقالى حوامل للرشاشات على أبعاد ١٥ متر بارتفاع ٩٠سم وهى من النوع RB70 ذو المواصفات التالية:

قطر للفولي ٤,٥مم، ضغط التشغيل ٣,٥ ضغط جوى

قطر الرش الفعال ٣٦ متر تصرف الرشاش للواحد ٦١٠ لتر/ثانية مصمم على

أبعاد ١٨×١٥متر ليعطى ترسيب قدره ١٣,٥مم/ساعة والرشاش مصنوع من سبيكة للنحاس بواسطة المصانع للحربية المصرية.

ومن واقع التصميم فإن مساحة الخمسة أفنة يمكن ريها فى يومين وذلك بستة أوضاع للرشاش الواحد (على مسافات ١٨متر) فى اليوم الواحد. ويتم تبادل الخط من الجار لرى للخمسة أفنة الأخرى المجاورة.

والتصميم أيضا أخذ فى اعتباره ساعات التشغيل اليومية ١٥ ساعة فإذا خصم منها ساعة لعملية النقل (سنة أوضاع فى اليوم الواحد) فالباقى من ساعات التشغيل هو ١٤ ساعة بمعدل ٢,٢٣ ساعة للوضع الواحد تعطى كمية ترسيب ٣,١١مم ويفرض فواقد ١٠% فالترسيب الفعال يصل إلى ٢٨مم الذى نفرض أنه يعوض المفقود من الرطوبة فى عمق الجذور للمحاصيل المختلفة أى ما يولزى ٧مم/يوم ويفرض التصميم أيضا أن الرطوبة المتاحة كبيرة كنسبة مئوية حجمية حوالى ٦% لهذه الأرضى على أساس أن العمق المتوسط للجذور حوالى ٧٠سم والرى يتم عندما نقل الرطوبة المتاحة بمقدار الثلثين أى عندما تصل الرطوبة المتاحة إلى ٢% بالحجم وبناء عليه فالكمية اللازمة تعويضها فى عمق الجذور ٢٨مم.

وكل ما ذكر هو التخطيط التصميمى لشبكة لرى بالرش النقالى والواقع يختلف اختلافا كبيرا سواء من ناحية تصرف المحطات أو لضغوط الخارجة من المحطات أو ساعات التشغيل أو لضغوط تشغيل خطوط الرش مما يستدعى معه تقديم حقلى لكفاءة للنظام حتى يمكن أن يبنى عليه التقييم الاقتصادى للعائد من استخدام وحده للمياه.

وعندما قام الخريجين باستخدام نظم الري بالرش التالي وجدوا صعوبة فى عملية النقل وخاصة بعد الري مباشرة فقد تم اقتراح إدخال نظام الري بالشد Drag irrigation system وذلك بإجراء تعديل فى شبكة الري بالرش لتتقالى ليسهل النقل ويوفر الوقت ولذلك قام مشروع الدعم الفنى والتنمية التابع لمنظمة الأغذية والزراعة بواسطة مستشار الري وإحصائى لري بالمشروع بعمل التصميم اللازم وتم إقامته وتجربته بالمرزعة الإرشادية بالنويرية التابعة للمشروع ثم بدأ فى تصميم هذا النظام بمنطقة غرب النويرية الذى دعم الخريجين بالإمكانات الفنية والتمويل من قبل الجمعيات والهيئات التطوعية حيث يمكن للخريجين أن يقوم بتركيبه وإقامته على شبكة الري بالرش التالي ويتلخص هذا التصميم فى التالي:

أ- مصدر مياه مضغوطة فى المرزعة.

ب- خط رئيسى مدفون.

ج- خطوط فرعية سريعة للتوصيل.

د- رشاشات.

ويتم الري تحت هذا النظام بتركيب المواسير سريعة التوصيل المركب عليها رشاشات على أبعاد معينة وإقامتها لفترة زمنية معينة لري شريحة من الأرض. ثم بجرى فك جميع المواسير ونقلها لموقع آخر وإعادة تركيبها لري شريحة ثانية وهكذا حتى تسمام ري المساحة المرزعة بمعدل مرة كل أربعة أيام بوجه عام.

ويستخدم فى هذه النماذج نوعين من الرشاشات:

- أولهما رشاشات موديل RB70 وفيه تتباعد الرشاشات عن بعضها على خط الري

بمقدار ١٥ متر بينما يتم نقل الخط فى كل مرة مسافة ١٨ مترا.

- والثانى رشاش موديل RB30 وفيه تتباعد الرشاشات عن بعضها على خط الري

بمقدار ١٢ متر بينما يتم نقل الخط فى كل مرة مسافة ١٢ مترا.

٣- الظروف المناخية: مناخ منطقة النويرية يتميز بشتاء معتدل وصيف حار جاف طويل، متوسط الأمطار السنوى حوالى ٥٥مم والرطوبة النسبية حوالى ٥٥% فى فترة الصيف وترتفع إلى ٦٥% فى فترة الشتاء. والرياح عموما شمالية ذات سرعة متوسطة تتراوح بين ١,٥ إلى ٣,٥ متر/ثانية وفى فترة الربيع تهب رياح الخماسين الترابية من

الجنوب الغربي وعلى أثرها يزيد البخار السطحي. المتوسط السنوي لدرجة الحرارة حوالي ٢٠ درجة مئوية والحرارة العظمى في فصل الصيف تزيد عن ٣٥ درجة مئوية. بينما الحرارة الصغرى أثناء الليل وفي فصل الشتاء نادرا ما تقل عن ٥ درجات مئوية. وقد تم حساب جهد البخرنتج للمحصول القياسي باستخدام معادلة بنمان المعدلة باستخدام برنامج منظمة الأغذية على الحاسب الآلي وأعطى القيم الموضحة بالجدول التالي ويعرف هذا البخرنتج القياسي بأنه معدل البخرنتج من سطح كثيف من حشيش أخضر بطول ٨-١٥ سم متجانس الارتفاع نشط للنمو لا يعلى نقص في الرطوبة الأرضية.

جهد البخرنتج المصوب باستخدام معادلة بنمان المعدلة لمنظمة التوبارية.

شهور السنة	جهد البخرنتج مم/يوم
يناير	٢,٩٩
فبراير	٣,٨
مارس	٥,١٤
أبريل	٧,٣٤
مايو	٧,٨١
يونيو	٩,٣٩
يوليو	٩,٠٩
أغسطس	٧,٧٤
سبتمبر	٦,٢٨
أكتوبر	٥,٥٠
نوفمبر	٣,٤٨
ديسمبر	٢,٩١

٤- المحاصيل المنزرعة بالمنطقة: يتوقف التركيب المحصولي بالمنطقة على خبرة المزارع وتوفر مصادر المياه المتاحة والإمكانيات المادية ووجود حيوانات للمزرعة وإمكانيات التسويق وتوفر العمالة اللازمة. فبينما لا تترك الأرض بدون زراعة إلا بنسبة قليلة جدا في حالة أراضي المنتفعين فإن هذه النسبة تزيد في حالة أراضي الخريجين.

والتركيب المحصولي لأراضي منطقة النوبارية هو:

الموسم الشتوي: بسلة- فول - قمح- برسيم- شعير- خضر شتوية (طماطم).
الموسم الصيفي: بطيخ- بطيخ كالوتش (اللب)- نرة- فول سوداني- برسيم حجازي-
خضر صيفية (طماطم)- سمسم.

ب- النموذج الثاني:

أراضي حديثة الإستصلاح (رملية) تستخدم الري بالرش والري بالتنقيط وتمثلها منطقة البستان وتمثل هذه الأراضي المواقع الخاصة بالخريجين وموقع المزرعة الإرشادية التابعة لمشروع الدعم الفني والتنمية.

١- خواص التربة: الأرض عميقة ورملية القوام وتبلغ بها نسبة الرمل أكثر من ٩٥% تصل إلى ٩٨% وقليلة جداً في المادة العضوية وكذلك في العناصر الغذائية سواء الصغرى أو الكبرى والسعة المائية منخفضة جداً حوالي ٦٠%. وكذلك تتميز تلك الأراضي بارتفاع معدل الرشح بها. يتراوح رقم الحموضة بين ٨-٨,٥ كما أنها منخفضة الملوحة حيث يتراوح التوصيل الكهربى بين ٠,١-٠,٣ ملليموز/سم. كما يلاحظ ذلك من الجداول التالية. ونظراً لشدة فقرها في العناصر الغذائية ومعدل الرشح المرتفع فإنه يتناسب معها التسميد من خلال نظام الري بالرش أو الري بالتنقيط وأفضل نظام ري مناسب الري بالتنقيط أو الري بالرش الصغير. والمناسبة لأنواع المحاصيل المنزرعة بالمنطقة من الخضر والفاكهة.

التوزيع الحجمي للحبيبات لأرض منطقة البستان لعق ٩٠ سم.

العق	النسبة المئوية للحبيبات			القوام
	رمل %	مليت %	طين %	
عينة سطحية	٩٨,٧٤	صفر	١,٢٦	رملية
صفر-١٥	٩٧,٤١	١,٢٥	١,٢٦	رملية
١٥-٣٠	٩٧,٤٧	١,٣٦	١,٢٧	رملية
٣٠-٤٥	٩٧,٤٦	صفر	٢,٤٥	رملية
٤٥-٦٠	٩٧,٤٧	صفر	٢,٥٣	رملية
٦٠-٧٥	٩٦,٢٢	١,٢٦	٢,٥٢	رملية
٧٥-٩٠	٩٦,٢٣	١,٢٥	٢,٥١	رملية

الخواص الكيميائية لأرض منطقة البستان

المق	التوصيل الكهربى	تركيز الكاتيونات والانيونات ملليمول/لتر						
		ص+ / ملليمول/سم	ب+	ك+	مغ++	ك ٣	نك أم	كل
سطحية	٨,٣٥	٠,٣٤	١,٢٢	٠,٣٣	٢,٠	١,٠	-	١,٥
١٥-٣٠	٨,٣٢	٠,١٨	٠,٧	٠,١٧	١,٠	٠,٥	-	٢,٠
٣٠-١٥	٨,٤٥	٠,١٢	٠,٦١	٠,١٧	٠,٧٥	٠,٥	-	١,٥
٤٥-٣٠	٨,٥٤	٠,١٣	٠,٦١	٠,١٧	٠,٦	٠,٢	-	١,٥
٦٠-٤٥	٨,٢٥	٠,١٤	٠,٦٥	٠,١٥	١,٠	٠,٢	-	١,٠
٧٥-٦٠	٨,٣١	٠,١٤	٠,٦٥	٠,١٥	١,٠	٠,٣	-	١,٠
٩٠-٧٥	٨,٢٣	٠,١٧	٠,٨٣	٠,١٩	١,٠	٠,٦	-	١,٥
								٠,٢

٢- مصدر المياه ونظام الري المستخدم: مصدر المياه لمنطقة البستان هو الترعة الرئيسية التى تخرج من محطة الرفع (٢) على ترعة النصر لتوزع المياه إلى الترع الفرعية والثانوية المبطة. سريان المياه تحت تأثير الجاذبية خلال هذه القنوات وتقوم بخدمة المنطقة ٢١ محطة ضخ مجمعة لمساحة ٨٧٠٠ فدان والمساحة الباقية تقوم بخدمتها محطات ضخ منفصلة لكل ٢٠ فدان كما أنشأ مؤخراً ١,١ محطة مجمعة صغيرة بها عدد ٢ ظلمية تقوم بخدمة ١٤٠-١٨٠ فدان. ويوجد ٦٦٠ محطة ضخ منفصلة تقوم كل منها بخدمة ٢٠ فدان.

بالنسبة لنظام الري المستخدم فهو مشابه لما ذكر فى النوبارية بالنسبة للتصميم والتشغيل لشبكة الري بالرش مع بعض التعديلات فعلى سبيل المثال معظم مساحات المنتعنين ومعظم الخريجين تبلغ ٥ أفدنة ولكن هناك عدد محدود تبلغ للمساحة المخصصة له ١٠ أفدنة وبالتالي فالمحطة المنفصلة تقوم بخدمة عدد ٢ مزرعة للخريجين كل منها ١٠ أفدنة كما أنه قد أدخل فى مساحة ٥٤٢٠ فدان شبكة الري بالرش الثابت وحوالى ٢٥٠٠ فدان شبكة للري بالتنقيط.

والمواصفات الفنية لشبكة الري بالرش الثابت على النحو التالى:

المسافة بين الرشاشات ١٢ × ١٢ وارتفاع حوامل الرشاشات على ٨٠ سم. تصرف

الرشاش ٢٣,٢ لتر/ دقيقة على ضغط تشغيل ٢,٨ ضغط جوى لتعطى معدل ترسيب ١٠ ملليمتر فى الساعة. وفترة الرش المقترحة ٣ ساعات للخط الواحد لتعطى عمق ماء مقاره ٣٠ ملليمتر بينما الفترة بين الريات ٤ أيام. ويتم استخدام عدد ٢ خط يومياً.

والمواصفات الفنية لشبكة الري بالتنقيط ومواصفاتها على النحو التالى:
صممت الشبكة باحتياجات مائية مقدارها ١٨ متر^٢ للفدان فى اليوم (٤,٣ ملليمتر/يوم).
تم توزيع أشجار موالح على أبعاد ٦ × ٦ متر. تخدم كل شجرة عدد ٤ منقطات
تصرف المنقط ٤ لتر/ ساعة.

تحت ضغط تشغيل مقداره واحد ضغط جوى.
يتراوح طول خط للتنقيط بين ٨٠-٩٠ متر بقطر ١٣ مم من البولى إيثيلين ويقوم
كل خط بخدمة عدد ١٤ شجرة. عدد ساعات للتشغيل اليومية ١٠ ساعات بينما يتبقى ٦
ساعات لتشغيل وحتى الري الثابت. والتصرفات المعطاة خلال شبكة الري بالتنقيط
تغطى ١٦٠ لتر/ الشجرة/ اليوم أو ما يوازي ٤,٣ ملليمتر/يوم.

٣- الظروف المناخية: الظروف المناخية لمنطقة البستان تمثل تقريباً نفس الظروف المناخية لمنطقة اللوبارية. كما أن حسابات جهد البخار يمكن تطبيقها فى كل منمنطقة اللوبارية ومنطقة البستان لتشابه الظروف المناخية لكل منهم.

٤- المحاصيل المنزرعة: التركيب المحصولى لأراضى منطقة البستان هو:
محاصيل شتوية: البسلة- القمح- خضر شتوية (طماطم) - برسيم.
محاصيل صيفية: بطيخ- ذرة- خضر صيفية (طماطم) - عباد الشمس - فول سودانى.
المحاصيل البستانية: موالح- عنب.

ج- النموذج الثالث:
أرض حديثة الاستصلاح (جيرية) تستخدم نظام الري السطحى والري بالرش والري بالتنقيط فى المساحات المتخللة بمنطقة بنجر السكر.

١- خواص التربة: تعتبر هذه الأراضى طبقاً لتقسيم الأراضى أراضى درجة ثانية وهى أراضى جيرية يتراوح قوامها ما بين الرملية اللومية إلى السلتية الطينية اللومية. يتراوح

رقم الحموضة بين ٨-٨,٥ والأرض منبسطة نسبياً وقد تتواجد بعض التعرجات. وارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم يؤدي إلى تثبيت للفوسفور ونقص صلاحية العناصر النادرة وتكون قشرة سطحية تسبب انخفاض معدل التصرب وتبلغ السعة المائية لها حوالي ١٣% على أساس الحجم والخواص الطبيعية والكيمائية موضحة في الجدول التالي:

الخواص الطبيعية والكيمائية لأرض منطقة بنجر السكر

١- القوام: نسبة الرمل	٤٠-٦٠%
نسبة السلت	٢-٢٠%
نسبة الطين	٢-٢٠%
٢- رقم الحموضة	٨-٨,٥
٣- التوصيل الكهربى	٠,٢-٧ ملليموز/سم
٤- كربونات الكالسيوم	٢٠-٤٠%
٥- المادة العضوية	٠,٥%
٦- النيتروجين الكلى	٢٠-٥٠ جزء فى المليون
٧- الفوسفور المتاح	١-١٠ جزء فى المليون
٨- البوتاسيوم المتاح	١٥-٥٠ جزء فى المليون
٩- الحديد	كل من ٣ جزء فى المليون
١٠- المنجنيز	كل من ١ جزء فى المليون
١١- الزنك	صفر
١٢- النحاس	صفر

٢- مصادر المياه ونظام الري والصرف: مصدر المياه هو ترعة النصر ويتم توزيعها المياه خلال شبكة من القنوات المبطنة بدرجات مختلفة لتنتهى بالمساقى المبطنة أيضاً على مستوى المزرعة لتخدم ٧ مزارع مساحتها ٤٢ فدان. وصمم النظام ليعطى تصرف ٢٢,٥ لتر/ ثانية لمدة ٢٤ ساعة أو ما يوازي ٤٤ متر^٣/فدان/اليوم. وقد وزعت للتصرفات بحيث تكون مناوبة الري ٧ أيام عمالة و٧ أيام بطالة. توزع لكل مزارع يوم مخصص ليغطى السبعة مزارع المربوطة على المسقى المبطنة. تخدم المنطقة شبكية من الصرف المغطى مكونة من رئيسيات حقلية على مسافات ٣٠-٤٠ متر بين الحقلية بعمق متوسط ١٨٠ سم باستخدام مواسير الصرف البلاستيكية المتعرجة ذات أقطار ٨٠ مم وغطاء زلطى.

بالنسبة للمناطق المستبعدة نظراً لارتفاع منسوبها فقد نفذ فيها شبكة رى بالرش
النفالى حوالى ٢٠٠٠ فدان وشبكة رى بالتنقيط لمساحة ٤٦٦٠ فدان. تم تصميم شبكة
الرى بالرش النفالى بمواصفات شبكات الرى فى منطقتى النويارية والبستان. بالنسبة
لشبكة الرى بالتنقيط فقد صممت على أن محطة الضخ المنفصلة التى تخدم ٢٠ فدان منهم
١٠ أفدنة عنب وبمسافات ٣×٢ متر والعشرة أفدنة الأخرى زيتون بأبعاد ٨×٨ متر. لكل
شجرة عنب لها منقط واحد وثمانية منقطات للزيتون بتصرف ٤ لتر/ساعة للمنقط الواحد.
يتم تشغيل النظام ٨ ساعات فى اليوم لكل ١٠ أفدنة بمجموعة ١٦ ساعة يومياً للعشرين
فدان وخطوط التنقيط من البولى أنيلين بطول ٩٣ متر وقطر ١٣ مم تعطى عمق إضافة
يومية للعنب ٥,٣ مم و ٤,٥ مم للزيتون فى فترة أقصى احتياج.

٣- الظروف المناخية: تعتبر محطة شمال لتحرير للأرصاء الجوية الزراعية أقرب ما
يمثل المنطقة مناخياً ويتبين من الخصائص المناخية للمنطقة أن متوسط درجة الحرارة
يتراوح بين ١٥-٢٥ درجة مئوية بينما تتراوح الرطوبة النسبية بين ٦٠ إلى ٧٠%
وسرعة الرياح من ١,٥-٢ متر/ثانية. وقد حسب جهد البخرنتج من وقع هذه المتوسطات
كما يتضح فى الجدول التالى:

جهد البخرنتج المحسوب تبعاً لمعادلة بنسان المعدلة لمنطقة بنجر السكر

شهور السنة	جهد البخرنتج مم/يوم
يناير	٢,٣
فبراير	٣,١
مارس	٤,١
أبريل	٥,٦
مايو	٧,٠
يونيو	٧,٧
يوليو	٧,٨
أغسطس	٦,٧
سبتمبر	٥,٦
أكتوبر	٤
نوفمبر	٢,٩
ديسمبر	٢,١

- ٤- المحاصيل المنزرعة: التركيب المحصولي لأراضى منطقة بنجر السكر هو:
المحاصيل الشتوية: البسلة- الفول- القمح- البرسيم- الخضر- الشعير- البرسيم
الحجازى.
المحاصيل الصيفية: البطيخ- بطيخ الكوتش (اللب)- الذرة- البرسيم للحجازى- الخضر.

مختارات من المراجع العربية:

- ١- د. احمد محمد فتحى، ١٩٩٥. الرى والصرف فى عمليات استصلاح الأراضى.
كلية الزراعة. جامعة الإسكندرية.
- ٢- د. فتحى مسعود، ١٩٦٠. الرى الزراعى. دار المطبوعات الجديدة- الإسكندرية.

مختارات من المراجع الأجنبية:

- 1- FAO. 1991. Agro-Ecological Land Resources, Assessment for Agricultural Development Planning. FAO, World Soil Report, Paper No. 71/1, Rome, 1991.
- 2- FAO. 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 48, Rome, Italy.
- 3- Feddes, R.A., Kowalik, P.J., Zaradny, H., 1978. Simulation of Field Water Use and Crop Yield. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- 4- Hassan G. (1991). Determination of Rape and Corn Water Consumptive Use Using Field Volumetric Lysimeters With and Without Water Table. M.Sc. Thesis. Alexandria University, Egypt.
- 5- Hassan G., N. Persaud, R. B. Reneau, Jr (2004). Utility of Hydrus-2d in Modeling Profile Soil Moisture and Salinity Dynamics under Saline Water Irrigation of Soybean. Soil Sci. J. Vol. 170, No. 1: 28-37.

المصرف

د. أحمد فريد سعد

محتويات الكتاب

المقدمة

مقدمة الكتاب

(228-242) الباب الأول الأملاح ونواصير الزبد

مقدمة

تأثير الأملاح على حركة المياه

الصرف وملوحة الزبد

الاحتياجات القسرية

احتياجات الصرف في استصلاح

الأراضي المتأثرة بالملح

(243-262) الباب الثاني الصرف العام المكشوف

المصارف الرئيسية والفرعية

ظلمات الصرف

تقسيم قطاعات المصارف المكشوفة

مقنن الصرف

(263-295) الباب الثالث الصرف المغطي

مقدمة

مكونات شبكة الصرف المغطي

تخطيط شبكة الصرف

إنحدار المصارف

عمق مواسير الصرف المغطي

التفصيل الآلي لشبكات الصرف المغطي

معامل التوصل الهيدروليكي

الرجيم الموسمي للمياه الأرضية

الباب الرابع (296-349) حساب المسافة بين المصارف

مقدمة

معادلات التدفق المنتظم

أمثلة تطبيقية على التدفق المنتظم

ملاحظات عامة على التدفق المنتظم

التدفق الغير منتظم

الباب الخامس (350-357) الصرف الرأسى باستخدام الآبار

مقدمة

اعتبارات خاصة بتصميم آبار الصرف

حالات التدفق المنتظم لى الآبار

حالات التدفق الغير منتظم لى الآبار

المصارف الفراغية

الباب السادس (358-369) تقييم نظم الصرف الزراعى

معامل شدة الصرف

حساب معامل شدة الصرف

حساب العمق المكافئ

مقاومة الحركة

المقاومة الإشعاعية

مقاومة الدخول

المسامية الصرفية

زمن إنحسار التدفق

حساب معدل هبوط الماء الأرضى

المراجع

مقدمة

أن الزراعة المروية التقليدية تعتمد على الري بالصر و تعتبر من أغزر أنماط الزراعة إنتاجاً حيث تسمح بتكثيف المحاصيل (مياه الري - الأسمدة - المبيدات - الطاقة) ومن ثم فإن صيانة الأراضي تستوجب الحفاظ على التوازن بين الري والصرف وأن الخلل في هذا التوازن يؤدي إلى تدهور الأراضي. وري الأراضي في المناطق الجافة بطريقة الصمر في حالة وجود صرف يؤدي إلى:

١. ارتفاع منسوب المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض.
٢. تجمع الأملاح في قطاع للتربة وعلى السطح نتيجة لشدة عوامل البخر وحركة الماء الرأسية لأعلى في اتجاه سطح التربة.
٣. تشبع منطقة الجذور بالماء ونقص الأكسجين اللازم لتنفس جذور النباتات التامة.
٤. خلق ظروف لاهوائية في منطقة المجموع الجذري مما تضر بنمو النباتات.
٥. إفساد البيئة الحيوية في التربة مما يؤدي إلى عدم استئصال نورات الكربون والنيتروجين الطبيعية في التربة مما يؤثر على خصوبتها.
٦. زيادة قلوية التربة مما يؤدي إلى تدهور بنائها وإنخفاض نفاذيتها.
٧. تلوث البيئة الزراعية نتيجة استئصال نوعية مياه ري رديئة والتوسع في استخدام الكيماويات الزراعية (الأسمدة والمبيدات).

لذلك فإن ضبط شبكات الري والصرف من عناصر الإدارة السليمة للأراضي الزراعية المروية وكذلك صيانة عناصر النظام البيئي شاملة التربة والتمو النباتي والمياه هامة جداً في معظمة الإنتاج. لذلك أُنْجِيت الدولة إلى تطوير وتحسين مشروعات الري والصرف لرفع كفاءة استخدام وإدارة المياه والمحافظة على النظام البيئي وذلك لدعم الاقتصاد القومي وذلك من منطلق تنسي استراتيجية شاملة لكافة المستويات من تنمية وحماية وبحث وإرشاد ونقل التكنولوجيا مع ضرورة أن يتم ذلك من منظور التنمية الزراعية والمائية المتواصلة أو المستدامة والحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية المتاحة.

الباب الأول

الأملاح وخواص التربة

مقدمة

أن غرض الصرف الزراعى يكمن فى تحسين ظروف المياه الأرضية بغرض الاستعمال الأمثل للأراضى الزراعية وذلك بتوفير مهد جيد لنمو المحاصيل وثبات رجوم ملحي مناسب خاصه فى الأراضى المروية. وأنظمة الصرف هى أبنية هندسية للتخلص من المياه طبقاً لخواص الأرض الفيزيائية والهيدروليكا حيث أن زيادة المياه الأرضية تقلل من تبادل الهواء بين التربة والغلاف الجوى ومن ثم فإن الأراضى الرطبة عادة تكون مصحوبة بنقص فى الأوكسجين مؤدياً الى ضيق تنفس الجذور ونقصان حجمها، زيادة مقاومة انتقال المياه والمغذيات خلال الجذور تكون مركبات سامه فى الأرض والنبات. كما ان الغدق قد يسبب تشققات فى النبات وتعتمد كمية التشققات على نوع النبات ومراحل نموه ودرجة حرارة التربة والهواء وكذلك على الفترة الزمنية للغدق كما أن استمرارية سوء التهوية يؤدي الى موت الخلايا ويقلل نفاذية الخلية موت الجذور كما يؤدي نقص الأوكسجين الى خفض النشاط الميكروبيولوجى وبالتالي نقص فى النيتروجين. والأراضى الرطبة درجة حرارتها منخفضة ونمو المحاصيل يبدأ متأخر

والهدف الرئيسى لأنظمة الصرف فى الأراضى المروية هو خفض المحتوى الرطوبى للطبقات السطحية من التربة مما تسهل من عملية إختراق الهواء للجذور وإنتقال CO_2 الناتج من الجذور والكانتات الحية وتسهل من إتمام التفاعلات الكيميائية. ويؤدى إنخفاض المحتوى الرطوبى أيضاً الى التغير فى ميزان الحرارة وإرتفاع حرارة التربة. من أجل ذلك فإن إنشاء أنظمة الصرف المكشوفه أو المغطاء أمر ضرورى لرفع إنتاجية الأراضى الزراعية.

تأثير الأملاح على حركة المياه في الأراضي

إن تأثير كل من تركيز الأملاح في المحلول الأرضي ونسب الصوديوم المتبادل (ESP) على بناء التربة يتمكّن على حركة المياه في الأرض بالسلب. وقد حدد بعض الباحثين والعلماء مستويات من تركيز الأملاح في المحلول الأرضي، والتي يجب أن نكل عن قيم الصوديوم المتبادل المختاره (ESP)، لكي تؤدي إلى إنخفاض معامل التوصيل الهيدروليكي بنسبة ١٠ إلى ١٥٪. وسميت هذه المستويات "التركيزات الحرجة للأملاح" Threshold salt concentration وكما هو واضح من شكل (٩) وجد أن القيم التقريبية للتركيز الحرج للأملاح هو ٥ ملليمكاف/لتر عند ESP = ١٠ وكانت ١٠ ملليمكاف/لتر عند ESP = 100 وذلك في أراضي لومية رملية. ويبين هذا الشكل أيضا التغيرات الفعلية لتأثير كل من تركيز الأملاح للصوديوم المتبادل (ESP) على معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة.

وقد تم استنباط قيم للتوصيل الهيدروليكي النسبي نتيجة التغيرات التي تحدث في كيمياء المحلول الأرضي مبنية على أساس Simple clay - swelling model حيث وجد أن هناك علاقة ارتباط وثيقة بين إنتفاخ التربة swelling والتوصيل الهيدروليكي كما يلي :

$$(1-y) = cx^n / (1 + cx^n)$$

حيث :

(y) التوصيل الهيدروليكي النسبي Relative hydraulic conductivity

(x) معامل الانتفاخ (ويقدر من التوسيع الموضح في شكل (١٤))

(c) ثابت يعتمد على خصائص التربة

(n) ثابت يعتمد على قيم ESP المتوقعه للتربة

وسوف تعطى بعض القيم التقريبية للثابت (n) كما يلي:

$$n = 1 \text{ if } ESP < 25\%$$

$$n = 2 \text{ if } 25 < ESP < 50\%$$

$$n = 3 \text{ if } ESP > 50\%$$

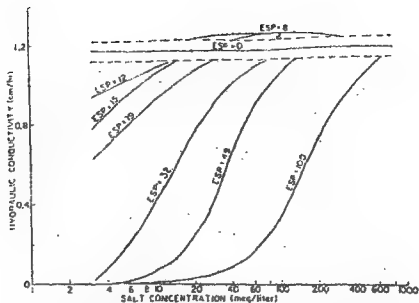


Fig. 1-6. Hydraulic conductivity of Pachappa sandy loam as related to salt concentration and ESP (McNeal & Coleman, 1966).

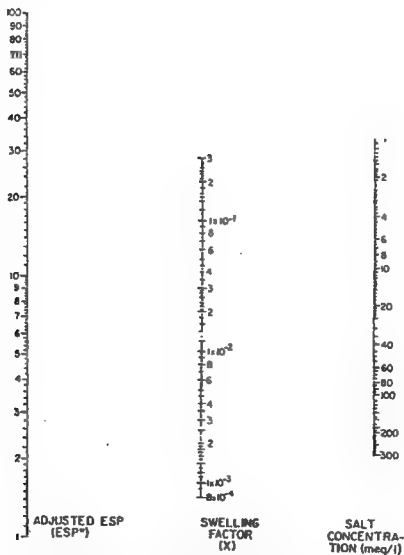


Fig. 1-7. Nomogram relating clay swelling factors to salt concentration (C_0) and adjusted ESP [$=\text{soil ESP} - 1.24 + 11.63 \log C_0$] (McNeal, 1966).

الصرف وملوحة التربة

لأن إنتاجية المحاصيل تنخفض بزيادة تراكم الأملاح الذاتية الموجودة في التربة وينتج هذا الانخفاض نتيجة الأجهاد المائي أثناء نمو النبات الناشئ عن اسموزية الظروف الملحية وكذلك نتيجة خلل في الأتزان الغذائي والسمية النوعية الناشئة عن زيادة ليونات الكلوريد والصوديوم والبيرون. كما أن تواجد الصوديوم بتركيزات عالية الملول الأرضي يؤثر بطريقة غير مباشرة على انخفاض معدل نمو النبات نتيجة تدهور بناء التربة والمصادر الأولية للأملاح الذاتية في التربة الزراعية تعزى إلى مياه الري أو الأمطار والتكوينات الملحية الموجودة في مادة الأصل وكذلك تجوية معادن التربة ومياه الصرف الزراعي والصرف من الأراضي المرتفعة إلى الأراضي المنخفضة - وقرب مستوى الماء الأرضي من سطح التربة كما هناك مصادر ثنائية وهي إضافة الأسمدة والمصنعات الزراعية والتسميد العضوي إلى التربة.

متطلبات الصرف للتحكم في ملوحة التربة:

ربما تحتوي مياه الري من ١. إلى ٤ طن أملاح لكل ٣م^{١٠٠٠} والتي تضاف بمعدل سنوي حوالي ١٠٠٠٠ إلى ٣م^{١٥٠٠٠}/ هكتار. ومن ثم فإن حوالي ١. إلى ٦٠ طن من الأملاح تضاف لكل هكتار سنوياً إضافة إلى الأملاح الموجودة أصلاً في التربة إلى أن تركيز الأملاح الذاتية في الأراضي تزداد بإضافة مياه الري. والبحر نتج يحدث قوة شد تتسبب في حركة رأسية معتبرة للماء والأملاح في منطقة الجذور من أعماق التربة خاصة عندما يكون الماء الأرضي قريب من السطح - تتسبب في تملح التربة.

وأخيراً سوف تتجمع الأملاح الذاتية في الأراضي المروية إلى مستوى معين نقل عنده إنتاجية المحصول إلا إذا اتخذت خطوات لمنع هذا للتجمع من الأملاح الذاتية. وتتوقف سرعة التملح على محتوى مياه الري من الأملاح، نوع التربة،

نوعية الماء الأرضي، منسوب الماء الأرضي، تحمل المحصول للملوحة والظروف المناخية والأدارة المتبعة في صيانة التربة والمحاصيل والمياه. يمكن التحكم في توزيع الأملاح والتخلص منها عن طريق إدارة المياه حيث أن إنتقال الأملاح الذاتية في الأراضي يكون في الطور السائل.

ولمنع التجمع المتزايد والضرر للأملاح في التربة يمكن أن يكون عن طريق أنماط مياه ري إضافية تمر خلال منطقة الجذور أثناء الري وذلك لغسيل الأملاح المتجمعه. وهذا ما يطلق عليه الاحتياجات الغسيلية (LR) وذلك بهدف الحفاظ على الأتزان الملحي وهذا يتطلب نظام صرف فعال لصرف المياه المالحة نتيجة عملية الغسيل وحدث أنزل ملحي وهذا يطلق عليه أقل احتياجات صرف (DR_{min}).

ويجب أن تكون سعة نظام الصرف في الأراضي المتأثرة بالأملاح قادرة على إستيعاب وصرف مياه الغسيل والحفاظ على أدنى منسوب للماء الأرضي. ومن ثم فإن احتياجات الصرف للتحكم في الأملاح يجب أن تعتمد على الاحتياجات الغسيلية، الأتزان الملحي والارتفاع الشعري.

الاحتياجات الغسيلية

يمكن التنبأ بالاحتياجات الغسيلية عن طريق إستخدام نموذج الأتزان الملحي "Salt balance model" فإذا كان هناك كمية من الأمطار خلال موسم النمو غير كافية لغسيل الأملاح المتجمعه فإن معادلة الأتزان الملحي يمكن وضعها على الصورة الآتية:

$$V_{iw} C_{iw} + V_{gw} C_{gw} + S_m + S_f - V_{dw} C_{dw} - S_p - S_e = \Delta S_{sw} \quad (1)$$

حيث V_{wi} , V_{gw} , V_{dw} حجم ماء الري والماء الأرضى وماء الصرف.
 C_{wi} , C_{gw} , C_{dw} تركيز الأملاح الكلية فى مياه الري والماء الأرضى وماء الصرف.

ويقصد V_{gw} هو حجم المياه المتصاعدة لأعلى من الماء الأرضى الى منطقة جذور النبات.

S_m كمية الأملاح التى تضاف الى المحلول الأرضى نتيجة تجوية معادن الأرض أو ذوبان الترسبات الملحية
 Salt deposits

S_r هى كمية الأملاح الذائبة المضافة فى الكماليات الزراعية.

S_p كمية الأملاح التى تترسب فى التربة من مياه الري بعد ريها.

S_e كمية الأملاح المزالة من الماء الأرضى Soil water فى الجزء المحصول من المحصول.

وصافى الاختلاف فى كل من المدخلات inputs أو المخرجات outputs

تعطى التغير الناشئ فى ملوحة الماء الأرضى Soil-water Salinity (ΔS_{sw}) تحت ظروف السريان المستقر فإن ($\Delta S_{sw} = 0$) بفرض ضائفة مساهمة الأملاح الذائبة من معادن وأملاح التربة والتجاسى المساحى لأضافة مياه الري الى الحقل وكذلك أن يكون عمق الماء الأرضى بعيداً بعداً كافياً لمنع دخول أى أملاح الى منطقة الجذور من عمليات الارتفاع الشعرى.
 ومن ثم فإن المعادلة (1) سوف تكون الى :

$$D_{dr} / D_{rw} = EC_{rw} / EC_{dr} \quad (٧)$$

ويوجد أن Leaching fraction (LF) يعطى النسبة بين ملوحة مياه الري إلى ملوحة مياه الصرف.

$$LF = D_{dr} / D_{rw} \quad (٨)$$

ويوضح شكل (٢) تأثير ملوحة كل من مياه الري و LF على توزيع وتجميع الأملاح الذائبة في قطاع التربة والذي تم رية تحت ظروف التدفق المستمر. كما يوضح شكل (٣) نفس العلاقة على أساس الملوحة المتوسطة لمنطقة جذور النبات ويوضح شكل (٤) العلاقة بين متوسط ملوحة منطقة الجذور ومحصول الترميم الجذري.

ويتضح مما سبق ومن المنطيات أن :

١. محتوى الأملاح من الماء الأرضي تزداد مع العمق في منطقة الجذور من قطاع التربة ماعدا في حالة الري بمياه منخفضة الملوحة $EC < 0.2 \text{ dS/m}$ واحتياجات غسلية أعلى من ٥ .
٢. ملوحة الماء الأرضي لمياه الري عند محتوى ملحي معين يكون متجانس قرب سطح التربة ينض النظر عن LF ولكنه يزيد مع العمق بنقصان LF.
٣. عندما تتقارب نسب CE_{rw}/LF فإن ملوحة الماء الأرضي تتناسب مع ملوحة مياه الري قرب سطح التربة ولكن تكون مستقلة عنها تقريباً في قاع منطقة الجذور.
٤. متوسط ملوحة الماء الأرضي في منطقة الجذور تزداد والمحصول يقل عندما تزداد ملوحة مياه الري أو عندما يقل LF .
٥. الدفعات الأولى من الغسيل لها معظم التأثير الفعلي لمنع تجمع الأملاح في الماء الأرضي في منطقة الجذور.

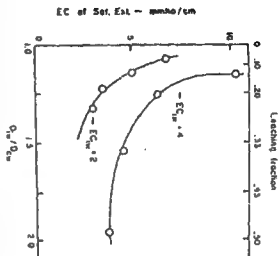


Fig. 25. Relation between average root-zone salinity, expressed as electrical conductivity (EC) of the saturation extract, and leaching fraction for two irrigation water salinities. [Bauer et al., 1969a].

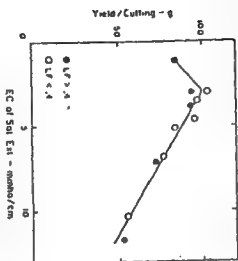


Fig. 4. Relation between alfalfa yield and average salinity of the root zone expressed as electrical conductivity of the saturation extract. [Bauer et al., 1969a].

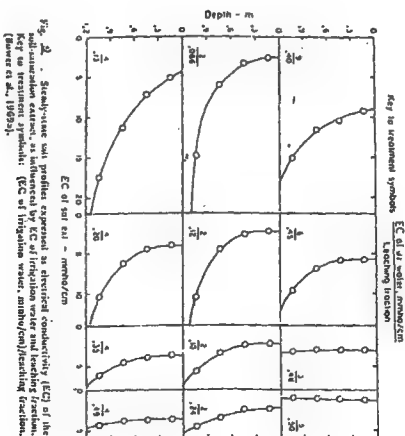


Fig. 32. Steady-state soil profiles expressed as electrical conductivity (EC) of the saturation extract, as influenced by EC of irrigation water and leaching fraction. Key to treatment symbols: (EC of irrigation water, mmho/cm); leaching fraction. [Bauer et al., 1969a].

كما وجد أن متوسط ملوحة منطقة الجذور أيضاً تتأثر بالدرجة التي تستنزف بها المياه بين الريات. والتنبأ بالقل احتياجات صرف في أي أرض مروية قبله من الضروري أولاً التنبأ بالقدر الإضافي من مياه الري والذي به تركيز معين من الأملاح ولمدة زمنية محدده ليحتفظ بمستوى من الأملاح في المطول الأرضي لإيصاله إلى انخفاض المحصول.

ويمكن حساب أقل احتياجات صرف minimum drainage requirement من المعادلة الآتية والتي تعتمد على العلاقة العكسية بين LF ونسبة ملوحة مياه الري ومياه الصرف تحت ظروف التفلح المستقر.

$$LR_{EC} = EC_{iw} / EC^1_{dw} = D_{dw}(\min) / D_{iw} \quad (4)$$

والـ LF يعنى الجزء القل من مياه الري المضافه والتي يظهر كماء صرف بينما LR_{EC} تتنبأ بمقدار LF الذى يجب أن يتحكم فى ملوحة الماء الأرضي Soil Water Salinity فى حدود المقاومة التي يديها النبات للملوحة. ولتقييم LR_{EC} فإنه يتعين إختيار قيم مناسبة للـ EC^1_{dw} .

ويمكن إستخدام المعادلة الآتية فى حساب القيم التقريبية EC^1_{dw} .

$$EC^1_{dw} = 5 EC^1_{se} - EC_{iw} \quad (5)$$

ويمكن حساب EC_{se} من :

$$ave EC_{se} = K \left(\frac{EC_1 + EC_0}{2} \right)$$

حيث ملوحة عجيبة الأرض المشبعة عند قمة منطقة الجذور - EC_1

ملوحة عجيبة الأرض المشبعة عند قاع منطقة الجذور - EC_0

ووجد أن $K = 0.8$ عند قيم LF المنخفضة نسبياً

ويمكن أيضاً حساب أقل احتياجات صرف مطلوبه من المعادلات الآتية:

$$D_{dw}(\min) = \left(\frac{EC_{iw}}{EC^1_{dw} - EC_{iw}} \right) D_{iw} \quad (6)$$

$$D_{dw}(\min) = D_{iw} (1-E) \quad (٧)$$

حيث (E) أعلى كفاءة للرّي وتساوى:

$$D_{dw}(\min) = D_{cw} \{ (1/E) - 1 \} \quad (٨)$$

ويوضح الشكل (٥) العلاقة بين أقل احتياجات من مياه الصرف $D_{dw}(\min)$ معياراً عنه كجزء من الاحتياجات المائية وكل من التوصيل الكهربى لمياه الرّي ومقاومة الأملاح Salt tolerance.

Chloride Control

بالرغم من أن الأملاح الكلية هي العامل الذى له السيادة لأحداث نقص فى انتاج معظم المحاصيل إلا بعض النباتات حساسة لزيادة أيونات خاصة معينة ربما تسبب هذه الحساسية إنخفاض فى المحصول حتى إذا كانت الأملاح الكلية منخفضة وأهمها الصوديوم والكلوريد والبورون ومن ثم إذا كان الكلوريد هو العامل المحدد للانتاج وليست الأملاح الكلية فإن الاحتياجات الغسيلية وإحتياجات الصرف سوف تحسب منفصلة وذلك بإحلال قيم CL_{iw} ، CL_{dw} بدلا من قيمة EC_{iw} ، EC_{dw} حيث تمثل CL_{iw} تركيز الكلوريد فى مياه الرّي بينما CL_{dw} يمثل أقصى تركيز من الكلوريد مسموح به فى مياه الصرف وفى هذه الحالة فإن المعادلة المناسبة للاحتياجات الغسيلية كما يلى:

$$LR_{Cr} = CL_{iw} / CL_{dw} \quad (٩)$$

وإن العمق الأدنى للصرف $D_{dw}(\min)$

$$D_{dw}(\min) = \left(\frac{CL_{iw}}{CL_{dw} - CL_{iw}} \right) D_{cw} \quad (١٠)$$

وعند سقوط المطر فإنه يؤثر على كل من LR_{CL} ، LR_{EC} ولذلك فإن

عمق الماء المضاد المعدل سوف يصبح $D_{iw}(\text{adj}) = D_{rw} + D_{iw}$

ويصبح التركيز المعدل كالتالى:

$$C_{iw}(\text{adj}) = (D_{rw} C_{rw} + D_{iw} C_{iw}) / D_{rw} + D_{iw} \quad (11)$$

حيث D_{rw} عمق المطر .

C_{rw} تركيز الأملاح في مياه المطر .

وتحت ظروف الحقل فلن هناك عوامل محددة أخرى تدخل في حساب

(LF_A) حيث يصبح كما يلي:

$$LF = \frac{D_{iw} - D_{cw}}{D_{iw}} = 1 - \left(\frac{D_{cw}}{D_{iw}} \right) \quad (12)$$

$$\therefore D_{iw} = I t_i$$

$$\therefore D_{cw} = E t_i$$

فلن LF_A تحت ظروف الحقل:

$$LF_A = 1 - (E t_i / I t_i) \quad (13)$$

$$D_{dw}(\text{max}) = \left(\frac{D_{cw}}{1 - LF_A} \right) LF_A \quad (14)$$

حيث أن I هي متوسط معدل الرش (average infiltration rate)

ويعبر عنه بالـ (mm/day)

و E هي متوسط البخرنتح (average Evapotranspiration) ويعبر عنه بالـ

(mm/day)

و t_i هو زمن الرش (infiltration time)

و t_a هو الفترة بين الريات (time of irrigation interval)

إحتياجات الصرف والغسيل فى إستصلاح الأراضى المتأثرة بالأملاح

إن كمية المياه المطلوبه لأستصلاح الأراضى المتأثرة بالأملاح تختلف عن الإحتياجات النلازمه لحفظ التوازن الملى. وقد وجد أنه فى الأراضى عالية الملوحة أن ٣٠سم من المياه عالية الجودة كافية لغسيل الأملاح لعمق ٣٠سم والسماح للمحاصيل لتنمو بطريقة مقبولة. والشكل (٦) العلاقة بين عمق الماء لوحدة الأعماق من التربة عالية الملوحة المطلوب غسلها. حيث كان متوسط الملوحة فى الب ٣٠سم العليا أكثر من ٤٠ ديسى سيمنز/م وهى ذات قوام silty clay loam حيث وجد أن.

$$\frac{D_{iw}}{D_s} = \frac{1}{5(C/C_0)} + 0.15 \quad (١٥)$$

حيث D_{iw} عمق الماء المضاف
 D_s عمق التربة

C, C_0 متوسط تركيز الأملاح فى العمق الكلى للتربة قبل وبعد عملية الغسيل.

ويمكن كتابة المعادلة السابقة معبراً فيها عن التوصيل الكهربى كما يلى:

$$\frac{D_{iw}}{D_s} = \frac{(EC_e)_i}{5(EC_e)_f} + 0.15 \quad (١٦)$$

حيث $(EC_e)_i, (EC_e)_f$ هما متوسط التوصيل الكهربى لعجينة الأرض المشبعة فى قطاع التربة قبل وفى نهاية عملية الغسيل وأمكن تمثيل المعادلة السابقة فى شكل (٦) ويجب أن نلقت النظر هنا أن عملية الغسيل تمت فى غمر الأرض بإستمرار بالماء. وقد وجد أن عملية الغسيل على فترات يوفر من كمية المياه المطلوبه لهذه العملية كما أن كفاءتها أعلى.

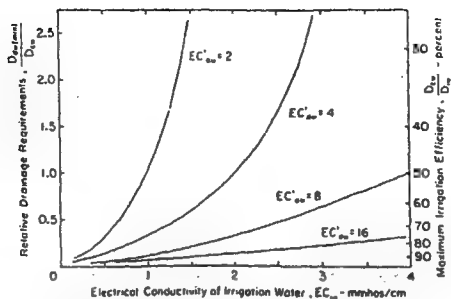


Fig. 5. Minimum drainage requirement, expressed as a fraction of consumptive use, as related to crop salt tolerance. (Reeve, 1957).

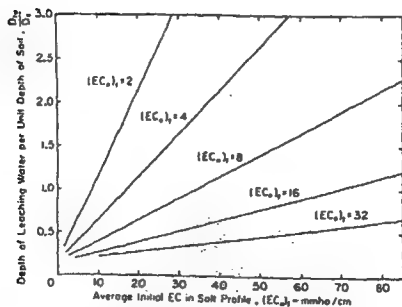


Fig. 6. Depth of water per unit depth of soil D_{le}/D_s required to reduce the salt content of a saline soil from an initial value of $(EC_s)_i$ to given final values of $(EC_s)_f = 2, 4, 8, 16$, and 32 with ponded leaching. (Reeve, 1957).

ويجب أن تنوء أن العمق المطلوب لمياه الصرف لأستصلاح الأراضي الملحية يعتمد على خواص التربة وطرق ومعدلات إضافة المياه وتصميم نظام الصرف وعموماً يمكن القول بأن الحد الأعلى لـ D_{sw} المطلوب لأستصلاح الأراضي الملحية هو 1 م/م بالغمر وأن الحد الأدنى لـ D_{sw} هو 2 م/م مع معدل منخفض من الري بالرش.

High Boron Soils

نظراً لأن البورين يدمص في التربة فإنه يحتاج الى مياه صرف كثيرة (D_{sw} كبير). فقد وجد انه يتطلب عمق صرف 1.5 م ماء لكل 1.5 م^2 تربة لغسيل الأراضي عالية البورون ومنزوعة بالأشجار. وإلى وجه العموم فإن التقدير المقبول هو 90 سم لغسيل 30 سم من التربة في حالة البورون. ووجد أن كفاءة غسيل البورون سواء بالغمر أو بالرش واحدة.

أما بالنسبة للأرض الصودية sodic soils فهي أكثر صعوبة في إستصلاحها من الأراضي الملحية. وذلك نظراً لاحتياجها أحلال الصوديوم المتبادل بالكالسيوم لتحسن نفاذية المياه خلالها بالإضافة الى عملية الغسيل. ووجد أنه يلزم كمية من المياه تساوي 9 وحدات لكل وحدة عمق من التربة الصودية للأستصلاح. ومن ثم فإن تصميم نظم الصرف عادة لا يعتمد فقط على إحتياجات الأستصلاح ولكنه يعتمد أيضاً على كيفية إدارة هذه الأرض ونوع التقنيات المستخدمة بعد عملية الأستصلاح.

الباب الثانى

الصرف العام المكشوف

اعتمدت سياسة الصرف الزراعى على تقسيم اراضى مصر الزراعية الى مناطق لايتجاوز طول المصرف الرئيسى فى كل منطقة عن ٢٠ كم وكذلك توسيع وتعميق جميع المصارف الرئيسيه والفرعية لتوفير عمق صرف حقل قدره ١٢٥ سم عند بداية الحقلات. كما شملت هذه السياسة إنشاء محطات صرف بمناطق التوسع الزراعى الجديدة وصيانة وتجديد وإنشاء محطات جديدة حتى ينخفض منسوب المياه فى المصارف العامة من عمق ١٠,٥ م الى ٢,٥ م تحت منسوب اراضى الزراعة لتهيئة صرف جيد لها والجدول التالى يوضح أطوال المصارف الرئيسيه والفرعية فى أنحاء مصر.

جدول (١) : أطوال المصارف الرئيسية والفرعية العامة فى مصر.

المحافظة	أطول المصارف (كم)	المحافظة	أطول المصارف (كم)
محافظات الوجه البحرى:	٤١	محافظات الوجه القبلى:	
القاهرة	١٧٢	القاهرة	٢٣
بورسعيد	٢١٩	الجيزة	٨٩٥
الاسماعيلية	١٧٢	الفيوم	٩١٢
السويس	٢١٩	بنى سويف	١٨٠٥
دمياط	١٧٨٢	المنيا	١٢٣٥
الدقهلية	١٨٥٧	أسيوط	٢٩٥
الشرقية	٥٥٨	سوهاج	١٩٢
القليوبية	١٢٩٣	قنا	١٨١
كفر الشيخ	١٠٥١	أسوان	٣١٣
الغربية	٢٩٩	المجموع	٥٩٥١
المنوفية	٢١٨٩		
البحيرة	١١٤		
الأسكندرية			
المجموع	٩٩٧٥		

أما فيما يختص بسياسة الصرف بالطلميات فإن الجداول ٥,٤,٣,٢ توضح مواقع هذه الطلميات وتصرفاتها الكلية والزام الذى تخدمه.

جدول (٢) : طلبات الصرف في منطقة شرق الدلتا

المحطة	عدد الوحدات والتصرف م ^٣ /ث	التصرف الكلي للمحطة م ^٣ /ث	الزمام / ألف ليدان
١. السرو الرئيسية	٧,٥ x ٣	٢٢,٥	١١٦
٢. السرو الأضالية	١٠ x ٢	٢٠	
٣. القصاصين	٥ x ٣	١٥	١٧
٤. السرو الأسفل	٨ x ٤	٣٢	٦٦
٥. السرو الأعلى	٨ x ٣	٢٤	٥٠
٦. الأبراد	٨ x ٤	٣٢	٥٧
٧. لجنينة	٥ x ٤	٢٠	٣٨
٨. فارسكور	٥ x ٤	٢٠	٢٠
٩. القصبى الرئيسية	٥ x ٣	١٥	٢٨
١٠. القصبى الأضالية	٧,٥ x ٤	٣٠	٧٤
١١. بلى عبيد	٥ x ٥	٢٥	٥٣
١٢. القلاج	٨ x ٣	٢٤	٥
١٣. مصرف ١ الأعلى	٥ x ٣	١٥	٤٥
١٤. للنظام /	٣,٥ x ٤	١٤	٤٥
١٥. المطرية	٨ x ٣	٢٤	٤٠
١٦. بلبيس قبلى	٥ x ٣	١٥	١٣
١٧. صنف	٧,٥ x ٦	٤٥	١٠٥
١٨. بحر البقر	٧,٥ x ٤	٣٠	٦٣

جدول (٢) : طلبات الصرف في منطقة وسط الدلتا

المحطة	عدد الوحدات والصرف م ^٢ /ث	التصرف الكلى للمحطة م ^٢ /ث	الزمام / ألف فدان
١. المنصورة	٧,٥x٤	٣٠	٦٨
٢. الزينى	٥x٣	١٥	٢٢
٣. مصرف ١	٥x٤	٧٠	١٥٥
٤. مصرف ٢	١٠x٥	٣٠	٦٢
٥. مصرف ٣	٧,٥x٤	٢٠	٥٦
٦. مصرف ٤	٥x٤	٣٧,٥	٧٢
٧. مصرف ٦	٧,٥x٥	١٥	٤٢
٨. مصرف ٧	٥x٣	٣٠	٨٥
٩. مصرف ٨	٥x٦	٤٥	٨٠
١٠. مصرف ١١	٧,٥x٦	٤٥	٥٧
١١. حفير شهاب الدين	٥x٥	٢٥	٦٨,٥
١٢. بحر تير	٨x٤	٣٢	٧٠
١٣. زغول	٥x٤	٢٠	١٨
١٤. تلا	٨x٤	٣٢	١٣٧
١٥. شرق المنوفية	٧,٥x٣	٢٢,٥	١٣٩
١٦. البرلس	٣x٣	٩	١٥
١٧. سبل	٥,٥x٣	١٦,٥	١٤٠

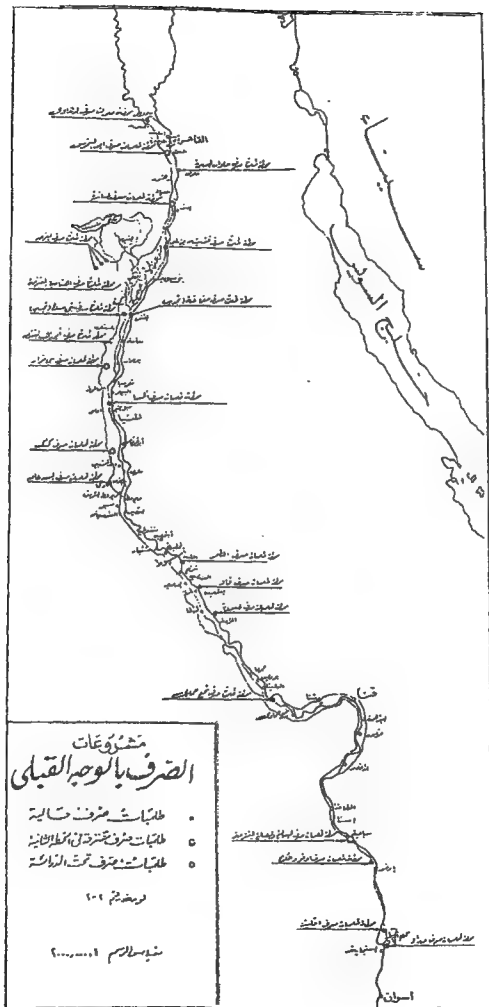
جدول (٤) : طلبات الصرف في منطقة غرب الدلتا

المحطة	عدد الوحدات والصريف م ^٢ /ث	التصريف التلي للمحطة م ^٢ /ث	الزمام / ألف فدان
١. المكش	١٢,٥×٦	٧٥	١٧٠
٢. الطابية	٨×٥	٤٠	٤٥
٣. حلق الجبل	٥×٥	٢٥	٥,٥
٤. البرصيلي	٢,٥×٦	٢١	٧٥
٥. برسيق	٥×٥	٢٥	٥,٥
٦. زرقون	٥×٤	٢٠	٢٤
٧. الهاوى	٤,٥×٤	١٨	٨٠
٨. برج رشيد	٠,٢×٢	٠,٩	١,٢
٩. تروجه	٧×٥	٢٥	١٠,٢
١٠. الدشودى	٢×٥	١٥	٢٢
١١. القلعه	٧,٥×٢	٧,٥	١٤
١٢. زلوية البحر	٠,٥×٢	١,٥	٤
١٣. ادكو	٢,٥×٢	١٠,٥	١٨
١٤. الحارس	٤×٨	٣٢	٦٠
١٥. الدلتجات	٥×٢	١٥	٧٠

جدول (٥) : طلبات الصرف في الوجه القبلي

المحطة	عدد الوحدات والتصرف م/كث	التصرف الكلي للمحطة م/كث	الزمام / ألف فدان
١. أطسا	٦×٤	٨	١٨٨
٢. بنى صالح	٢,٢×٢ ٢,٢٥×٢	٩,١	٤٢
٣. مصرف مناغة	٢×٢	٤	٧
٤. الجلاوية	٣,٥×٢	١٠,٥	٢٧
٥. أبو سمبل صرف	٠,١٥×٢ ٠,٤×١ ٠,٨×١	١,٥	٠,٥٥
٦. نراو صرف	١×٢	٢	٤
٧. القيت صرف	١×١ ٠,٦×١	١,٦	٢
٨. البدرمان	٢×٢	٦	٢٠
٩. المطمر	٢×١ ٢×١ ٢,٥×١	٧,٥	٣٠
١٠. محطة ١ الترق	١×٤	٤,٠	٢٦
١١. محطة ٢ القيوم	١,٨×٤	٧,٢	
١٢. محطة ٣	٢,١×٤	٨,٤	
١٣. القلح - صرف	٢×٤	٨	٢١
١٤. أميليه	٠,٢٥×٢	٠,٥	١
١٥. قشيشة	٥×٤	٢٠	٨٤
١٦. أبو شوشه	٢,٥×٤	١٠	٥٧
١٧. مراطى قارو	٢×٢	٠,٦	٠,٩
١٨. الإشراف	٠,٥٧٥×٢ ٠,٢٨٠×٦ +	٢,٤٢	١٢

إضافة الى طلبات مصرف أخناسيا وتخدم زمام ٩٦ ألف فدان وطلبات أبو راهب الكهربائية وتخدم ٣٤ ألف فدان وطلبات البصيلية والمباعية وتخدم حوالى ١٠ ألف فدان.



تصميم قطاعات المصارف المكشوفة :

المصارف المكشوفة هي قنوات ذات أعماق معينة ذات إنحدار على طول مسارها حتى تتحرك المياه فيها وتخطط المصارف المكشوفة بحيث تكون في الأماكن المنخفضة من المزرعة وفي خطوط مستقيمة كلما أمكن ذلك أما بالنسبة للمصارف المجمععة فيتم تحديد موقعها وفقاً لحجم المزرعة وأقصى طول مسموح به للحاقيات وكذلك مواقع مصبات هذه المصارف المجمععة في المصارف الرئيسية ويعتمد حجم المصارف المكشوفة والمستعمله لنقل كمية معينة من الماء على مساحة وشكل مقطع الصرف ومقدار انحدار قاعة وعمقه ويحدد ميل جوانب المصرف وشكل مقطع الصرف بناءً على قوام التربة ودرجة ثباتها.

يجب أن تكون قطاعات المصارف المكشوفة كافية لحمل كميات مياه الصرف المتوقعه وبالتالي فإن تحديد قطاع المصرف يتوقف على مقدار التصريف وحساب السرعة المتوسطة للمياه من معادلة ماننج (Manning) :

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

حيث Q = التصريف م³/ثانية

R = نصف القطر الهيدروليكي وهو يساوي مساحة مقطع المصرف مقسوماً على المحيط المبتل للمصرف م/٢.

S = انحدار قاع المصرف (م/م) طولى من المصرف).

n = معامل الخشونة ويعتمد على خشونة قاع المصرف والنباتات النامية في المصرف وعمق المصرف ونوع التربة والمياه التي تتحرك فيه.

وسوف نعطى بعض القيم التقريبية لمعامل الخشونة (n) كما يلي:

مصارف لاييزيد عمق الماء بها عن ٨٠سم:

- | | |
|----------------------|-------------|
| أ - أرض خفيفة القوام | ٠,٠٢ - ٠,٠٥ |
| ب - أرض ثقيلة القوام | ٠,٠٤ - ٠,٠٦ |

مصرف متوسطة يتراوح عمق الماء بها من ٠,٨ - ١,٧م:

أ - أرض خفيفة القوام ٠,٢٥ - ٠,٣

ب - أرض ثقيلة القوام ٠,٣ - ٠,٥

مصارف كبيرة عمق الماء بها يزيد عن ١,٥م فإن قيمة n تتراوح بين ٠,٢ - ٠,٢٥، ويجب ألا يزيد سرعة حركة المياه في المصارف المكشوفة عند حد معين حتى لا تسبب انهيار جوانب المصرف وفي نفس الوقت يجب ألا تكون منخفضه حتى لا تتسبب في ترسيب الطمي في قاع المصرف.

الميول الجانبية للمصارف المكشوفة :

يعتمد ميل المصرف أساسا على قوام الأرض التي يحفر فيها ومدى ثبات هذه الأرض فإذا كان المصرف في أرض طينية قد تكون جوانب المصرف رأسية تقريباً وإذا كانت الأرض متوسطة القوام فإن الميول الجانبية تكون في حدود ١,٥ : ١ أما التربة الرملية فإن ميول جوانب المصرف تكون في حدود ١:٢ أو ١:٣.

تحديد عمق الصرف للمصارف المكشوفة :

الغرض من تحديد عمق الصرف هو ضمان بعد مستوى المياه الجوفية ومناطق التشبع الكلي بالمياه الشعرية عن منطقة جذور النباتات من أجل ذلك فإن نجاح مشروعات الصرف تتوقف على الاختيار الأمثل لعمق الصرف المناسب. ولذلك فإنه يجب الأخذ في الاعتبار النقاط التالية عند تحديد اعماق المصارف:

١. متابعة تذبذب منسوب المياه الأرضية.
٢. معرفة قوام التربة وقدرتها وسعتها الاحتفاظية بالمياه وسرعة حركة المياه بها.
٣. معرفة نوع المحاصيل المنزرعة لتحديد عمق منطقة جذور النباتات.

وقد دلت الأبحاث مع الأخذ في الاعتبار البعد الاجتماعي ان عمق المصارف الرئيسية في جمهورية مصر العربية ٢م وتنفذ الأعمال الصناعية على اساس عمق ٢,٥م لإمكان التعديل مستقبلاً.

بينما عمق المصارف الفرعية ١,٥ م وتنفذ الأعمال على اساس عمق ٢ م
لسهولة تعديل العمق الى ٢ م.

ونظراً لأن المصارف المكشوفة تستنفذ ما يقرب من ١٥٪ من مساحة
الأرض المنتفع بها وتعتبر تنفيذها طبقاً للأصول الفنية دون تمزيق الملكيات الصغيرة
كما ان المصارف المكشوفة تعرقل من نشر الميكنة الزراعية بمفهومها الواسع
اضافه الى صعوبة صيانة هذه المصارف وتصبح موطناً للحشائش كما انها كانت
السبب الرئيسى فى اسراف الفلاح فى مياه الري وهذا بدوره أدى الى ارتفاع المياه
الجوفية. من أجل ذلك كله أتجهت مياسة الدولة الزراعية الى تعميم شبكات
الصرف المغطى فى أراضي مصر الزراعية حيث ان شبكات الصرف المغطى
تحقق الآتى:

١. ان شبكات الصرف المغطى توفر صرفاً كاملاً على العمق المطلوب دون استنفاد
للأرض او تمزيق الملكيات الصغيرة او عرقلة الميكنة الزراعية.

٢. توفر شبكات الصرف المغطى العمق الكافى من التربة لاتمام العمليات الكيميائية
والبيولوجية اللازمه لنمو النبات بكفاءة عالية.

٣. الزيادة فى غلة المحاصيل المنزرعة.

٤. أن مقنن الصرف المغطى قد يبلغ نصف مقنن الصرف المكشوف وذلك لاتعدام
الصرف السطحى مما يدفع الى الحرص فى استعمال مياه الري.

٥. تقليل الاحتياجات المائية على نحو قد يصل الى ١٥-٢٠٪ كنتيجة لعدم تسرب
مياه الصرف السطحى للمصارف.

٦. عمرها الافتراضى قد يصل الى ٥٠ سنة بالإضافة الى انخفاض تكلفة صيانتها.

مما تقدم يمكن القول بأن خطة الدولة لتعميم الصرف المغطى كان ضرورة
ملحة لتوفير الصرف الكامل للأراضي الزراعية لتحسينها ومضاعفة غلتها أى
مضاعفة الدخل القومى من الزراعة كما يوفر مياه الري والتي تساعد على التوسع
الأنقى إضافة الى أنه يوفر تكاليف ابادة الحشائش بالمصارف. المكشوفة وكذلك ابادة
قواقع البلهارسيا التى تلتصق بالحشائش والتى تشكل إحدى حلقات دورة حياتها.

مقنن الصرف

يعبر مقنن الصرف عن كمية المياه التي تنصرف في المصرف في وحدة الزمن منسوبه الى الزمام المركب عليه. ويعبر عنه م^٣/يوم/قدان على المصرف الذي يصرف فيه.

ويتولف مقنن الصرف على:

١. درجة استواء سطح الأرض ونوع الأرض وكمية المياه المضافة في كل ربه ونوع الغطاء السائد ونوع المحصول ومساحة وشكل الحوض. أى يتوقف مقنن الصرف على نسبة الصرف السطحي الى الصرف الباطني.
٢. المقنن المائي للرى.
٣. كمية الأمطار.
٤. المياه الجوفية وأثرها في عملية الصرف.
٥. الحاجز الأرضي وأثره في الصرف.
٦. سمك طبقة الطمي ومعدل الرش.
٧. حالة المصارف الحقلية.

أثر المياه الجوفية على مقنن الصرف :

قد لوحظ أن هناك تفاوتاً كبيراً بين منسوب المياه الجوفية ومستوى المواسير المقطاه في مختلف اتجاه الدلتا مما يؤدي الى تفاوت تأثير المياه الجوفية على الصرف ومقنناته وقد قسمت اراضى الدلتا الى مناطق لتوضح تباین هذا التأثير.

١. المنطقة الشمالية تقع بين البحر الأبيض المتوسط وخط كنتور ٣.

ويلاحظ في هذه المنطقة ارتفاع منسوب المياه الجوفية عن منسوب مواسير الصرف المقطاه مما يسبب اندفاع جزء من المياه الأرضية في تلك المواسير مسببة زيادة ملموسة في مقنن الصرف.

٢. المنطقة الوسطى وتقع بين خطى كنتور ٨،٣.

فى هذه المنطقة يتساوى تقريباً كل من منسوب المياه الجوفية الحرة مع منسوب مواسير الصرف المغطاه وعلى ذلك تستقبل هذه المواسير كل مياه الصرف ولذلك فإن المياه الجوفيه لا تؤثر تأثيراً مباشراً على مقنن الصرف.

٣. المنطقة الجنوبية تقع بعد خط كنتور ٨.

لوحظ انخفاض منسوب المياه الجوفية عن منسوب مواسير الصرف المغطاه ولذلك فإن جزء من مياه الصرف يتجه الى هذه المواسير وجزء آخر يستمر فى حركته الرأسية الى المياه الجوفيه.

أثر شذوذ الموقع فى مقنن الصرف:

يؤدى شذوذ الموقع الى رفع مقنن الصرف نتيجة مايسببه من تواجد ضاغاط هيدروليكي يحلو به مستوى المياه الأرضية الحرة الناتجة من مياه الري على انواع المصارف المختلفة وسوف نسوق بعض الأمثلة على شذوذ الموقع.

إن الاراضى المتاخمه مباشره لأحد فرعى نهر النيل تشكل موقعا شاذاً يرفع مقنن الصرف عن الرقم الاعتيادى وذلك فى فترة فيضان النهر، أى بصفه مؤقتة.

وإذا جاورت منطقة الصرف احدى القناطر المقامه على أى من فرعى نهر النيل (مثل القناطر الخيرية وقناطر زفتى وقناطر إدفينا) كانت موقعا شاذاً يرتفع فيه مقنن الصرف عن الاعتيادى بصفة مستديمة.

أى أن رفع المقنن بسبب تجاور أحد فرعى نهر النيل أو تجاور إحدى القناطر يرجع الى ضغط ماء النهر المرتفع والذي ينتقل عبر طبقات القاع الرملية الى المياه الجوفيه والاراضى المجاوره مسببا ارتفاع الضاغاط البيزومتري فيها ومن ثم يرفع قيمة مقنن الصرف.

ونظراً لان القطاع المائى فى الترع الرئيسية مثل الرياحات ضئيل مقارنة بالقطاع المائى للنهر وبالإضافه الى انه يقع فى الطبقة ذات النفاذية البطيئة ومن ثم

فإن الترع الرئيسية ليس لها القدرة على تكوين المواقع الشاذة حيث لا يصل تأثير هذه الترع إلى الضاغطة البيزومترى للطبقة الجوفية تحت الأرض المجاورة وبالتالي لا يكون لها أثر فى رفع مقنن الصرف.

وربما تتسرب بعض المياه من الترع الرئيسية، نتيجة جريان المياه فيها بمناسيب مرتفعة بصفه مستمرة، فى شريط ضيق من الأراضى حولها. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بعمل تزارق صغير بمحاذاة مجرى الترع أو مصارف قاطعة إذا لزم الأمر. ويتوقف ذلك على منسوب الأراضى المجاورة مقارنة بمنسوب المياه فى هذه الترع.

مثال :

منطقة سبل العليا وتقع فى جنوب وصدر الدلتا ويحدها فرعا رشيد ودمياط وبذلك تحتبر موقع شاذ لتجاورها للفرعين مما يعرضها للشذوذ المؤقت (وقعت فيضان النهر فقط) بينما قريبا من القناطر الخيرية يمرض موقعها للشذوذ الدائم. ولكن بالرغم من هذا الموقع الشاذ جداً فإن مقنن الصرف فيها يزيد قليلا عن المقنن الاعتيادى نتيجة وجود الحاجز الأرضى امام هذه المنطقة حيث يوفر لها الحماية من تسرب المياه الجوفية اليها.

ومن المواقع الشاذة فى منطقة شمال الدلتا. منطقة طلبات فارسكور والسرو والأبراد بشرق الدلتا.

والبصيلى وحلق الجمل بغرب الدلتا وهى تتعرض لشذوذ مؤقت بسبب تجاورها لأحد فرعى النهر وهذا يستوجب رفع قيمة المقنن خاصة فى شهر سبتمبر.

وفى منطقة صرف (١١) فهى فى شذوذ دائم بسبب تجاورها للقناطر ادفينا ولذلك فإن مقنن الصرف فى هذه المنطقة ترتفع قيمته عن أى منطقة شاذة أخرى.

بالنسبة للوجه القبلى فإن الموقع الوحيد الشاذ بعد انشاء المد العالى هو الأراضى الواقعة أمام الحاجز الأرضى أو فوقه.

الحاجز الأرضي وأثره على الصرف ومقتناته:

قد أثبتت الأبحاث أن هناك حاجزا أرضيا من تربة صماء يحتوي تجويف الوادي كله من الشرق إلى الغرب ومن أعلى إلى أسفل ويقع جنوب القاهرة وهذا الحاجز شطر أراضي الدلتا عن أراضي الوجه القبلي.

ورجود هذا الحاجز الأرضي قبل القاهرة أدى إلى رفع مستوى المياه الجوفية في أراضي الجيزة وأصبحت مثل الأراضي الواقعة في شمال الدلتا والتي تعاني من مياه البحر الثقيلة.

أي أن الحاجز الأرضي كان حماية للأراضي في جنوب الدلتا (التي تليه شمالا) وفي الوقت ذاته أساء إلى الأراضي الواقعة إلى الجنوب وهي أراضي محافظة الجيزة وبمض أراضي محافظة بني سويف.

أي أنه بفضل الحاجز الأرضي ظل مستوى المياه الجوفية منخفضاً في جنوب الدلتا وذلك لمنع تسرب المياه إليها من الجنوب مما جعل هذه الأراضي تتمتع بصرف طبيعي أو صرف رأسي جيد فأحتفظت بخصوبتها وقدرتها الإنتاجية دون صرف صناعي. أما فيما جاور الحاجز في الجنوب فقد ارتفع الخط البيزومتري نتيجة لاعتراض الحاجز لتسرب المياه الجوفية الواردة من الجنوب ومنعها من مواصلة السير شمالا فأرتفع مستواها قبل أن تتحول للتسرب شرقا إلى مجرى النيل وهو المنفذ الوحيد لها فاضر ذلك بأراضي الجيزة ورفع مقنن الصرف فيها على النحو الذي ارتفع إليه المقنن في أراضي شمال الدلتا عند اعتراض مياه البحر مما دفعها للارتفاع إلى ما فوق المياه المالحة قبل أن تواصل إنحدارها إلى البحر.

وهكذا تساوى أثر الحاجز الأرضي في أراضي محافظة الجيزة بالآثر الذي كان للبحر الأبيض بمائة النقيض في أراضي شمال الدلتا مما أدى إلى تدهور هذه الأراضي وقلة إنتاجيتها وارتفاع مقنن الصرف في كل منهما بسبب ارتفاع المياه الجوفية.

تقدير مقنن الصرف:

أجريت تجارب حقلية لتحديد مقنن الصرف اليومي للقدان تحديداً عملياً وذلك بتحديد كمية ما يتحول من مياه الري إلى مياه الصرف وتحديد الوقت الذي تستغرقه عملية التحويل. حيث تقاس تصرفات مياه الري بواسطة هدار وتصرفات الحقلية من غرف للتفتيش بأوعية بلاستيكية ذات سعة معلومة كما توضع بالحقول التجريبية شبكة من البيزومترات لتتبع تذبذبات المياه الجوفية حيث تكون الحقلية على أبعاد مختلفة وعلى عمق ثابت.

وهناك بعض المعادلات البسيطة استخدمت لحساب مقنن الصرف في المناطق التي لم ينشأ بها حقول تجريبية عن طريق إيجاد معامل يربط بين مقنن الصرف ومقنن الري.

مقنن الصرف = معامل التناسب × مقنن الري (م/فدان/يوم) (١)

وفي المناطق في شمال الدلتا الواقعة بين خط كنتور ٢م والبحر وكذلك المناطق المتاخمة للنيل والتي يرتفع فيها المستوى البيزومتري للمياه للمياه الجوفية عن مستوى الصرف ومن ثم تتسرب المياه الجوفية تحت الضاغطة الهيدروليكية إلى مواسير الصرف فإن المعادلة السابقة تصبح كالآتي:

مقنن الصرف = مقنن الري × معامل التناسب الأول + معامل التناسب الثاني

× الضاغطة الهيدروليكية × سمك الطبقة التي تسرب بها المياه

الجوفية الصاعدة × سرعة نفوذ المياه الجوفية الصاعدة (٢)

وحدد معامل التناسب الأول من التجارب التي أجريت في حقل كفر خضر بينما حدد معامل التناسب الثاني من التجارب التي أجريت في منطقة إدكو.

وبالتالي فإن الأسس والقواعد التي تم تقدير مقننات الصرف تقديراً صحيحاً كانت بالاستعانة بالتجارب التي أجريت في الوجهين البحري والقبلي مع مراعاة الظروف الخاصة بكل منطقة وما تقتضيه من تعديل في مقنن الصرف وكذلك بالاستعانة بالمعادلات المشار إليها وكانت على النحو التالي كما هو موضح في جدول (٦).

جدول (١) مقتنيات الصرب

ملاحظات	مقتن الصرب م ^٢ للتلدن يومياً		مقتن التري في الدور م ^٢ /الدين يومياً	نوع المحصول المزروع	المنطقة	الموقع
	مقتن الصرب م ^٢ للتلدن يومياً	بالنسبة للمساحة الكلية				
أولاً : الوجه البحري						
مناطق متشعبة	٥	١٤	٥٥	قطن	المناطق المدنية	القسم الجنوبي
مناطق الحدائق	٧	٢٠	٥٥	قطن	المناطق المدنية	(الأراضي الواقعة بين قناطر الدلتا وقسط كثر (٨)
مناطق متشعبة	٨	٢٢	٥٥	قطن	المناطق المدنية	القسم الأوسط
مناطق متشعبة	١٠	٢٨	٥٥	قطن	المناطق المدنية	(الأراضي الواقعة بين قسط كثر (٨)
مناطق زراعية	١٥	٣٠	٦٠	أرز		
ثانياً : الوجه القبلي						
مناطق م ^٢ التلدن	٥	١٥	٥٥	قطن	المناطق المدنية	ترعة الأمير أمينة
الدور في المناطق المتشعبة بالحدائق	٨	٢٤	٥٥	قطن	المناطق المدنية	ترعة نيج حيداي (الشرقية والغربية)
الأراضي	١٠	٣٠	٥٥	قطن	المناطق المدنية	ترعة حيداي

١. جنوب الدلتا : حيث ينخفض منسوب المياه الجوفيه عن منسوب مواسير الصرف المغطاه طوال العام فقد اسفرت نتائج التجارب لتقدير المقننات كالآتي:

١١٠م ^٢	أقصى مياه صرف للقدان بعد ريه.
٥	أيام لازمه لهذه المياه
٢٢م ^٢	أقصى مقنن للصرف
١١م ^٢	مقنن الصرف الرأسى
٢٢٠٧م ^٢	مقنن المياه الزائدة أو ٥٪ من مقنن الرى البالغ ٣٠٥٥م ^٣ /فدان
١٤م ^٢	جملة المقنن الأفقى بالنسبة لمساحة الدور
٥م ^٢	جملة المقنن الأفقى بالنسبة للمساحه الكلية

ويتضح من البيانات ان معامل التماسك الأول ٢٥٪ وهى أدنى نسبة بسبب توفر الصرف الرأسى الذى أقتسم المقنن مع الصرف الأفقى.

٢. وسط الدلتا: المحصوره بين خط كنتور ٣٠٨م حيث المستوى البيزومتري للطبقة المائية الجوفيه هو نفس مستوى مواسير الصرف تقريبا كانت المقننات كما يلى:

١- فى مناطق القطن:

٢٥٥م ^٢	مقنن الرى للقدان فى اليوم
٣٥٪	قيمة المعامل
٢١٩,٢٥م ^٢	مقنن الصرف للقدان فى اليوم بالنسبة لمساحة الدور
٢٢,٧٥م ^٢	مقنن المياه الزائده للقدان فى اليوم أى ٥٪ من مقنن الرى
٢٢م ^٢	جملة المقنن بالنسبه لمساحة الدور
٨م ^٢	جملة المقنن بالنسبه للممباحه الكلية

٢- فى مناطق الأرز: حيث تبلغ قيمة مساحة الأرز ٣٠٪

مقن الرى للقدان فى اليوم	٢م٦٠
قيمة المعامل	٪٤٠
مقن الصرف	٢م٢٤
مقن المياه الذائده والصرف السطحى أو ٥٪ من مقن الرى	٢م٦
جملة المقن بالنسبه لمساحة الدور	٢م٣٠
جملة المقن بالنسبه للمساحه الكلية	٢م١٥

٣- شمال الدلتا : الواقع بين خط كنتور ٣٢ والبحر:
وفى هذا المنطقة يرتفع المستوى البيزومتري للطبقة المائية الجوفية عن مستوى
مواسير الصرف المغطاه وقدرت المقننات بالمعادلة رقم (٢) وكانت كما يلى:

مقن الرى	٢م٧٠
قيمة المعامل الأول	٪٤٠
مقن الصرف	٢م٢٨
مقن المياه الذائده والصرف السطحى أو ١٠٪ من مقن الرى	٢م٧
جملة المقن الصرف	٢م٣٥
مجموع المقن بالنسبه لمساحه الدور	٢م٤٣
الشق الثانى من المعادلة	٢م٨
مجموع المقن بالنسبه للمساحه الكلية	٢م٢٢

المقتنات في المواقع الشاذة:

١- في جنوب الدلتا:

٧ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة للمساحة الكلية

٢٠ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة لمساحة الدور

٢- في وسط الدلتا:

(أ) في مناطق القطن

١٠ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة للمساحة الكلية

٢٨ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة لمساحة الدور

(ب) في مناطق الأرز

١٨ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة للمساحة الكلية

٣٦ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة لمساحة الدور

٣- في شمال الدلتا:

٢٧ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة للمساحة الكلية

٥٣ م^٢ للقدان في اليوم بالنسبة لمساحة الدور

حساب مقتن الصرف:

يمكن حساب مقتن الصرف بمعرفة كميات مياه الري المضافة ومعدل البخر نتح ومعدل التسرب فعلى سبيل المثال إذا كان معدل التسرب للترية هو $١٠ \times ٢,٥$ سم/ثانية وأن ارتفاع المطر كان ١٥٠ مم بعد ٢٤ ساعة وأن معدل البخر نتح في هذه المدة كان ٥ مم وكان نوع المحصول هو البطاطس والتي لا تعيش تحت الظروف الغدقة أكثر من ٤٨ ساعة.

$$١- \text{حساب كمية مياه الري للهكتار} = \frac{١٠ \times ١٥٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤ \times ٢} = ٨,٧ \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

وهذه الكمية يجب أن تصرف بعد مضي ٤٨ ساعة

$$٢- \text{حساب كمية للبخر نتح} = \frac{٢ \times ١٠ \times ٥}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤} = ١,١٦ \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$٣- \text{كمية المياه المتبقية} = ٨,٧٠ - ١,١٦ = ٧,٥٤ \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$٤- \text{الكمية الكلية للمسريه داخل قطاع التربه} = ١٠ \times ٢٠ \times ١٠ = ٢,٠ \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$\therefore \text{كمية المياه التي يجب صرفها} = ٧,٥٤ - ٢,٠ = ٥,٥٤ \text{ لتر/ثانية/هكتار بعد ٤٨ ساعة}$$

وينصح في هذه الحالة لزراعة محصول البطاطس في هذه الأرض بزيادة
معدل التسرب بطريقة ما.

الباب الثالث

الصرف المغطى

Subsurface Drainage

مقدمة :

أن الأراضي الطينية الثقيلة (أكثر من ١٠٪ طين ونسبة عالية من السلت) ذات سعة هوائية منخفضة جداً. هذه الظاهرة تحول دون النمو الطبيعي للمجموع الجذرى خاصة فى الأراضي عميقة القطاع. وأن التحكم فى نظام الماء والهواء فى الأراضي الطينية بالصرف أو بالاستصلاح تعتبر من المشاكل المعقدة. ومن ثم فإن الأراضي الطينية الثقيلة دائماً تعتبر غير منفذة للماء وبالتالي فإن الصرف التحت سطحى غير موافق فى هذه الأراضي وربما يكون هذا رأى ليس صائباً دائماً. ويعتمد حل هذه المشكلة على النسبة بين معدل الهطول أو الرى ومعدل حركة المياه لأسفل خلال الطبقة بطيئة النفاذية. عندما يفوق معدل الهطول أو الرى معدل التدفق الرأسى لأسفل خلال الطبقة بطيئة النفاذية أو عدم تواجد طبقات غير منفذة فى قطاع الصرف فإنه يمكن تطبيق الصرف المغطى.

وتتوقف فعالية نظام الصرف المغطى على التوصيل الهيدروليكى لقطاع التربة. كما تتأثر عمالية الصرف بكل من إنكماش وتمدد التربة وتكوين الشقوق ومن ثم فإن اختيار نظام الصرف يعتمد على نوع التربة والخواص الهيدرولوجية لقطاع التربة إضافة الى الاستعمال الحالى والمستقبلى للتربة. كما أن العوامل الاقتصادية تلعب دوراً فى هذا الاختيار.

Drainage materials مكونات شبكة الصرف المغطى

مواسير الصرف :

أن مواسير الصرف يجب أن تكون قوية التحمل وترمر مياه الصرف من بين الفواصل البيئية لهذه المواسير وسعة هذه الفواصل تتراوح من $\frac{1}{16}$ إلى $\frac{1}{8}$ بوصة ويجب ألا تزيد سعة هذه الفواصل إلى الحد الذي معه تزيد سرعة تدفق مياه الصرف فتعرض المواسير للأطماء خاصة في الأراضي السلتية خشنه القوام أو الرملية الناعمة جداً حيث تتراوح حبيباتها من ٥٠ إلى ١٠٠٠ ميكرون. ويجب أن تكون مواسير الصرف المغطى مقاومه للعوامل الجوية والتآكل وتحمل الأحمال الذاتية والواقعة عليها وجدرانها قليلة المسامية خالية من عيوب التصنيع والأنواع الأكثر شيوعاً في الاستخدام هي:

المواسير الفخارية Clay tile

المواصفات

القطر الداخلي The standard drainpipe size

50, 65, 75, 80, 100, 130, 160 and 200mm inside diameter.

سمك الجدار wall thickness

12-24mm (0.08d + 8mm)

الطول length

300 or 333mm.

وتتمتع هذه المواسير الفخارية بقدرتها على تحمل الضغوط والعوامل الجوية والتلف في أصعب الظروف كما انها أخف من المواسير الأسمنتية أو الخرسانية (concrete tiles) ولكنها تحتاج الى عناية خاصة أثناء حملها ونقلها وتحتاج أيضاً في تصنيعها الى مهاره عالية وأدوات متطورة. ويجب أن تكون خالية من العيوب ويجب ألا يزيد معدل امتصاصها للماء في اليوم عن ١٥٪ من وزنها. وأقصى مسافه بينية يجب ألا تزيد عن ٣م.

المواسير الأسمنتية أو الخرسانية Concrete tiles

تستعمل على نطاق واسع فى كل من مصر والعراق ودول أخرى وعادة ماتستخدم اذا كانت المواسير الفخارية غير متاحة أو فى حالة الحاجة الى أقطار كبيرة جداً حيث تتراوح أقطارها الداخلية بين ١٠٠ الى ١٥٠ سم فما أكثر وأطولها تتراوح بين ٢٤٠، ١٢٢، ٩١، ٦٠ سم ويمكن أن تتلف فى الأرضى الحامضية وعالية الكبريتات أو بالمياه الغنية باملاح قاعدية أو الكيماويات الأخرى كما انها تتآكل تدريجيا بفعل الظروف المناخية وهى عرضة للتجوية نتيجة التدفق السريع للمياه التى تحمل عوالق مملته حلاه.

أنابيب الصرف البلاستيكية Plastic drain pipes

وتتميز بانخفاض كثافتها مقارنة بالفخار أو الأسمنتية ومن ثم فانها تقلل من تكلفة النقل كما انها لا تحتاج عماله كثيرة عند تركيبها. وهى تصنع من Polyvinyl Chloride (PVC) . كما انها مزودة بتقوب.

والمستخدم منها الأنابيب المتعرجة Corrugated pipes وهذا الشكل التمجى المتعرج جعل من هذه الأنابيب إضافة الى انها مرنة انها أكثر مقاومة للأحمال الزائدة والاضغطا. وهذه المرونة أكسبتها صفة خاصة مميزة وهى سهولة تركيبها ووضعها ميكانيكيا، لذا فإن تكلفة الإنشاء والتركيب منخفضة وأهم مميزاتا مقارنة بالمواسير الفخارية والأسمنتية كالآتى:

- سهولة حملها نظراً لخفة وزنها مهما بلغ طولها.
- ونظراً لطولها فإنه يسهل استخدامها ميكانيكيا.
- المرونة تسهل حملها ونقلها وتركيبها.
- تجانس التوزيع المساحى للتقوب يسهل دخول مزيد من المياه فيها.
- مهيولة لفها بمواد مغلفة envelop
- توفر العمالة وتكلفة التصنيع والاستعمال والنقل والتركيب.
- خاملة لكل كيماويات التربة الضائعة.
- ليس بها وصلات كثيرة.

عيوب أنابيب الصرف البلاستيكية :

- تتأثر بالأشعة UV اذا تعرضت للشمس لفترات طويلة.
- تتأثر بدرجات الحرارة العالية و زيادة الحمل الخارجى الواقع عليها.
- مخاطرة حدوث شرخ نتيجة الحمل المفاجئ.
- معامل الخشونة عالية نسبياً.
- غير مقاومة للحريق.

- صعوبة إعادة وضعها فى الحقل بدون حدوث تكسير.

والأنابيب البلاستيكية المتعرجة السطح Corrugated تصنع من PVC وكذلك تصنع من البولى إثيلين ذات الكثافة العالية (PE) او البولى بروبيلين (PP) وتفضل أى مادة منهما يعتمد على العوامل الاقتصادية والصنات الفيزيائية لكل منها.

والنوعيات الجيدة من هذه الأنابيب يمكن تصنيعها من كل من PVC و PE والأقطار الخارجية القياسية لهذه الأنابيب هى

40, 50, 65, 8, 160, 125, 160 and 200mm

ومنها أيضا 120, 127, 152, 203, 254, 305, 381, 457 and 610mm

والقطر الداخلى عادة يكون ٩, من القطر الخارجى. والأنابيب ذات القطر الكبير تكون فى أطوال ٦م.

وتدخل المياه الى انابيب الصرف Corrugated خلال الثقوب الموجودة عليها. وعرض هذه الثقوب "slots" تتراوح بين ٦ الى ٢ مم وأطوالها تقريباً ٥مم. وتصل مساحة الثقوب الى حوالى ٢٠٠مم^٢ فى المتر الطولى من الأنابيب.

Pipe Accessories :

أن نظام الصرف المغطى يتطلب accessories وتركيبات خاصة مثل :

(a) pipe Fittings

وتشمل Couplers, reducers, Junction and Caps

(b) gravity or pumped outlets.

(c) Junction boxes

(d) inspection chambers (manholes)

(e) drain bridge

(f) non-perforated rigid pipes

(h) surface inlets

(l) controlled dvainage or subirrigation facilitation

(j) cleaning provisions

* (End caps) :

وهي تمنع دخول التربة في بدايات الحقلّيات المفتوحة وتصنع من نفس مادة

الحقلّيات أو اى Durable Flat material (انظر شكل ١)

* couplers and reducers :

وهي تستخدم لوصل الأنابيب التي لها نفس القطر ومنها عدة انواع:

(١ انظر شكل ٢)

(a) External snap-on coupler

(b) Internal snap-on coupler

والـ reducers تستخدم لوصل الأنابيب ذات الأقطار المختلفة.

(انظر شكل ٣)

Pipe Fitting :

وهناك أنواع متعددة منها : Cross, T and Y Pices

وهي تصل الحقلّيات أو المجمعات بالمجمعات وهي متعددة الأقطار عند النهايات

وهي تسهل عملية إتصال الأحجام المختلفة من المجمعات والحقلّيات كما يتم حاليا

توصيل الحقلّيات بالمجمعات باستخدام elbows and T - pieces on top of the

collector (انظر شكل ٤)

FIGURE 1
End caps

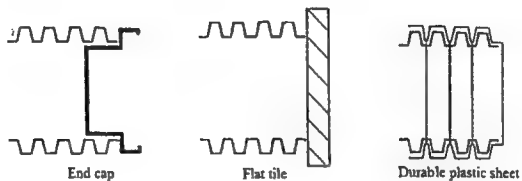
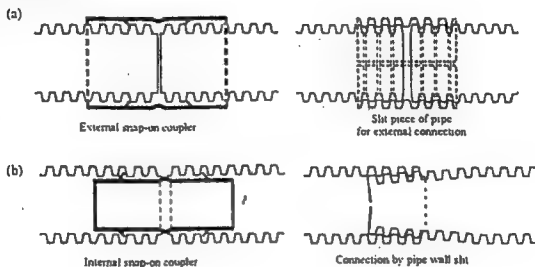


FIGURE 2
Couplers



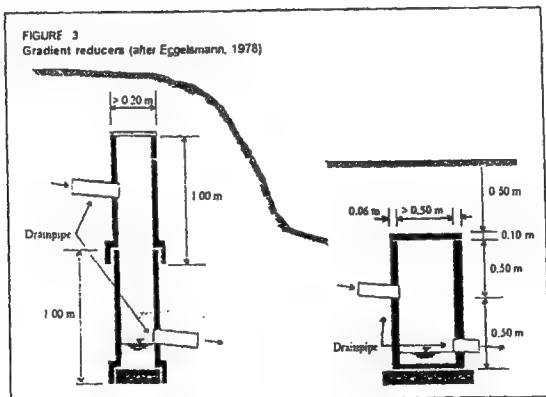
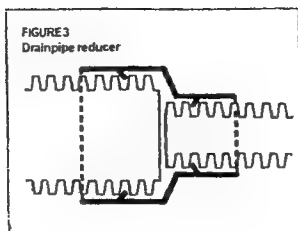
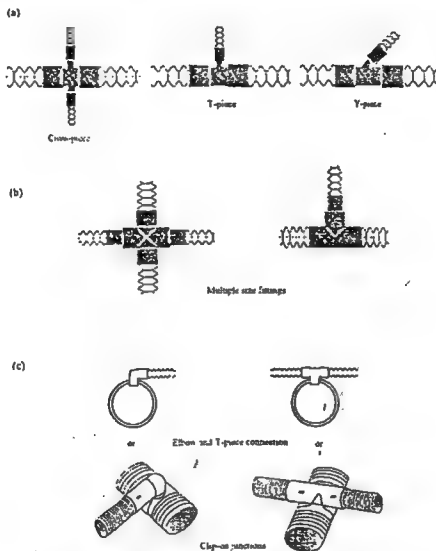


FIGURE 4
Pipe fittings



Drain bridge:

عند عبور أنابيب الصرف مواقع لينه Soft تستخدم قطرة الصرف لحفظ مستوى المصرف على أرض ثابتة والقطرة تصنع من timber blocks أو توضع أنبوية صلبة قوية على حول المصرف (انظر شكل ٥)

Ridig pipes :

وهي تستخدم عند عبور جزء من أنابيب الصرف (شكل ٦) تحت الطرق والمجاري المائية وتحت جنوع الأشجار المعمرة لمنع نمو الجنور داخل الأنابيب.

Junction boxes :

يستخدم في حالة إذا كان هناك مصرفين أو أكثر (حقلات أو مجمعات) يجتمعون في نقطة واحدة أو يستخدم عندما يحدث تغيرات في قطر أو ميل المجمع. ويتم حساب عمل مصيدة السلت silt trap وتمتد الى سطح التربة. وقاع مصيدة السلت يجب أن يكون على الأقل تحت قاع مدخل أنابيب المصرف down stream pipe بحوالي ٣٠ سم كما يجب أن تملو الحقلات laterals المجمعات collectors بما لا يقل عن ١٠ سم وتغطي هذه الـ Boxes بغطاء يقع على بعد ٤٠ سم من سطح الأرض وبالتالي فهي لاتحوق العمليات الزراعية بينما اذا امتدت فوق السطح فهي تغطي بغطاء وتصبح شبه غرف التفتيش (شكل ٧)

Monhols :

غرف التفتيش تختلف عن غرف الاتصال انها مزودة بـ Climbing وذلك للحاجة الى تفتيش وتنظيف وتسلية المصارف المغطاه وهي تصنع من الاسمنت ولها قاعدة خرسانية وتغطي هذه الغرف بأغطية والتي عادة ماتكون فوق سطح التربة وتعتبر أحياناً عائق لعمليات الخدمة الزراعية ولتجنب ذلك يمكن أن تكون على بعد ٤٠ سم تحت سطح الأرض وتغطي بغطاء. وعند المتابعة أو لزوم تنظيفها يمكن الحفر حتى الوصول اليها. (انظر شكل ٨).

FIGURE 5
Drain bridge

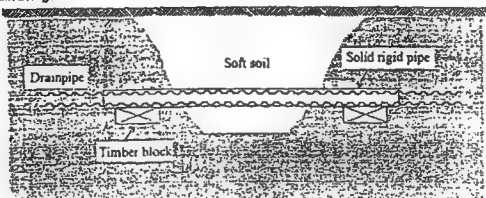


FIGURE 6
Use of rigid pipes to cross a road, a waterway or a row of trees:



FIGURE 7
Junction boxes

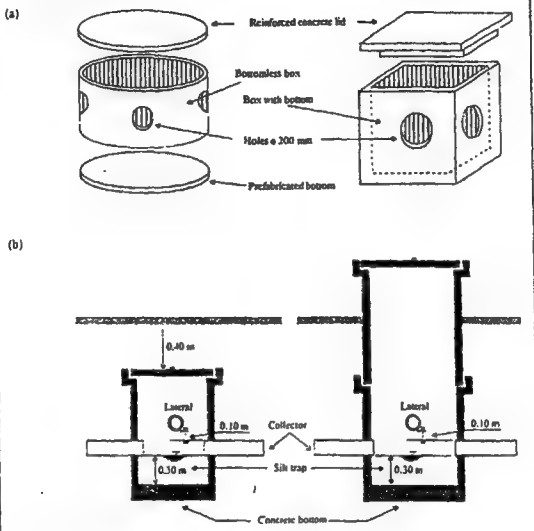
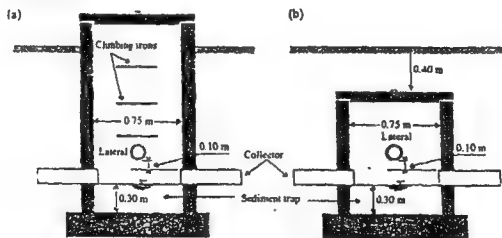


FIGURE B
Inspection chambers (manholes)



Out lets :

(a) Gravity outlets

مخارج الحقلية والمجمعات يجب حمايتها فى حالة تصريف المياه عن طريق الجاذبية الى المصارف المكشوفة. ويمكن حماية الحقلية والمجمعات الصغيرة باستخدام انابيب صلبه غير مخرمة تصنع من البلاستيك أو الصلب المجلفن ويتراوح طول هذه الأنبوية من ١,٥-٥م معتمدة على قطر ماسورة المصريف وإحتمال إختراق جذور النبات لنظام الصرف وخطورة التعرية المائية تحت الأنبوية أو عند نقطة تصريف المياه (المخرج). ويجب إستبعاد وجود أى envelope materials خاصة الزلط قريباً من المخرج وأن بضعة الأمطار الأخيرة قبل المخرج outlet يجب كيس التربة المعادة الى الخندق كبساً جيداً على طول عمق الخندق. والوظيفة الرئيسية لمخارج المصارف Drain outlets هو منع تعرية الـ ditch bank ويجب التغلب على ذلك بأن تمتد ماسورة طرد المياه فوق مستوى سطح المياه فى المصريف المكشوف بما لا يقل عن ١٠-١٥سم.

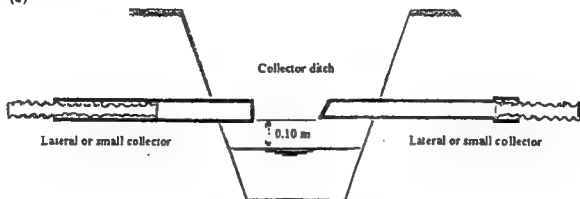
وبالنسبة للمصارف العميقة الكبيرة يمكن أن يقام بعض الأعمال الخرسانية عند مخارجها ووضع مصفاة على مخرجها لاتسمح لدخول أى حيوانات صغيرة داخلها. (انظر شكل ٩)

Pumped outlets :

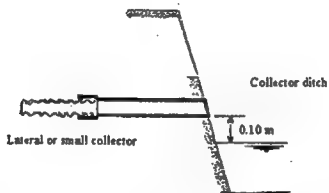
وفى حالة تعذر الاستفادة من الجاذبية فى حركة مياه الصرف من شبكة الصرف الى المصارف المكشوفة فإنه يستخدم المضخات (مواتير سحب ورفع المياه) لتصريف المياه من نظام الصرف الى المصارف المكشوفة. وهى من الطرق الشائعة فى أنظمة الصرف العميقة والتي تستخدم للتحكم فى الملوحة فى المناطق الجافة وشبه الجافة. وربما تستخدم فى مناطق أخرى بسبب عدم كفاية مناسيب المخارج المناسبة. وهى طريقة مكلفة وتحتاج الى صيانة وطاقة كهربائية مقارنة بطريقة Gravity (انظر شكل ١٠).

FIGURE 9
Gravity outlets

(a)



(b)



(c)

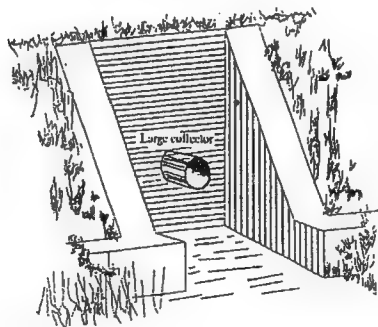
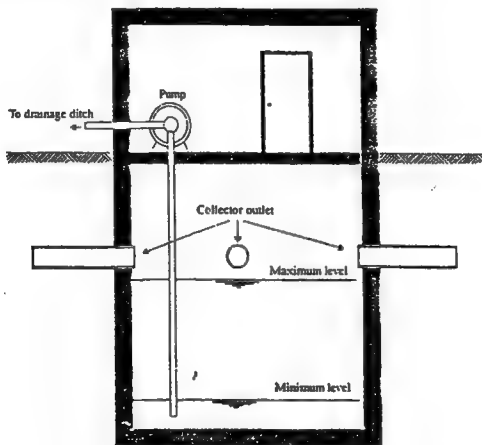


FIGURE 10
Drainage pump sump



Envelop materials

المرشحات :

أن أهمية المرشحات تكمن في أنها تزيد من قدرة المصرف على صرف المياه ومن ثم زيادة المسافة بين الحقلية حيث تمنع تسرب حبيبات التربة الناعمة داخل مواسير الصرف لعدم انسدادها وتقليل صيانة شبكة المصرف وإطالة عمرها الافتراضي ويجب أن تكون نفاذية المرشحات للمياه كبير لتوصيلها بحرية كبيرة الى الوصلات البينية ثم الى الحقلية، أى أن المرشحات تكون بمثابة فلتر حتى لا تنسد الحقلية أو تقل كفاءتها. وبالتالي تزداد تكلفة الصيانة الدورية. وليس من الضروري وضع غطاء من الزلط حول مواسير الصرف اذا كانت التربة حولها ثابتة ولا يتوقع تحركها داخل الحقلية. وأكثر المواد استعمالاً في المرشحات هو الزلط. ويوضع بأقطار من ٢-٣ بوصة يكامل طول مواسير الصرف أو حول الفواصل فقط وأقطار حبيبات المرشح يتم اختيارها حسب نوع التربة المراد صرفها وكمية تدفق مياه الصرف المتوقع. ويجب أن يكون المرشح ذو كثافة عالية كما أن هناك دول تستخدم الصوف الزجاجي كمرشح وكذلك تستخدم المرشحات العضوية ومرشحات الأكيايف الصناعية.

الفلتر الزلطى Granular mineral envelop

ما زال الحصى والزلط حتى الآن من أكثر المواد استخداماً كفلتر حول مواسير الصرف والتكلفة الاقتصادية هي العامل المحدد في ذلك. ولكن استطاع الباحث في إيجاد مواد عضوية تستخدم كفلتر بديل للحصى والزلط.

الفلتر العضوى Organic envelop ويشمل

Chaff, cereal straw, flax straw, rice straw, cedar leaf, bamboo, comcobs, wood chips, reeds, healthier bushes, chopped flax, flax stems, grass sod, peat litter, and coconut fiber.

ووجد أن تظل غالبية الفلاتر العضوية التي تتلف الحقلوات لا يكون له تأثير خطير على الثبات البنائى للتربة من حولها حيث أن هذه الخامات أو المواد سوف تستخدم فقط فى الأراضي عالية الثبات الميكانيكى وربما تؤثر هذه الفلاتر العضوية على التفاعلات الكيماوية فى حيز التربة الموضوعة فيها مما يودى الى إسداد كيماوى بيولوجى للمصارف.

Synthetic envelopes

ونظراً للتدخل السريع للفلتر العضوى فإنه أمكن إنتاج فلتر من الألياف الصناعية Synthetic envelopes يمكن أن تلعب دوراً فعالاً فى هذا التطور.

1- prewrapped loose materials (PLM) :

وهى مواد صناعية تلف ميكانيكياً لفاً محكماً حول الألياف المتعرجة المخزومة (الحقلوات) وتصنع (PLM) من مخلفات الياف البولى بروبيلين Polypropylene (CPP-300).

2- PP-450 envelope

هى أيضاً PLM envelope وهى تصنع من ألياف PP من مخلفات مصانع السجاد.

3- PP-700 envelope

وهو أيضاً مواد PLM تصنع من ألياف PP جديدة. وهي تستخدم كفلتر خاصة في الأتارب ذات الأقطار الكبيرة (أكبر من ١٦٠م) وهي عالية الثمن.

4- PS - 1000 envelope

وهي أيضاً نوع من مواد PLM envelope ويستخدم خصيصاً في حالة إذا كانت المياه الجوفية فيها عوالق كثيرة (high amount of suspended particles) وهي عالية السعر.

وعموماً فإن المواد الصناعية تتلف عند تعرضها للأشعة UV.

5- Geotextile envelopes :

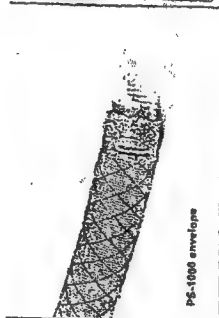
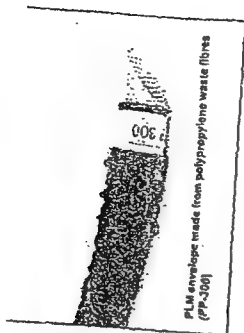
وهي تستخدم بتجاح وعلى نطاق واسع في فرنسا وكندا والولايات المتحدة. وقسمت PLM إلى ثلاث أقسام معتمدة على حجم الفتحات الفعالة في مسام الـ (O₉₀) كما يلي :

PLM - XF extra Fine 100 Um ≤ O₉₀ ≤ 300 Um

PLM - F Fine 300 Um ≤ O₉₀ ≤ 600 Um

PLM - S Standard 600 Um ≤ O₉₀ ≤ 110 Um

وتم تصنيع envelopes من PP and PA من مخلفات ألياف (ذات مواصفات (O₉₀ of 330 and 400 Um respectively) في حصر مطبوعاً وأعطت نتائج مرضية.



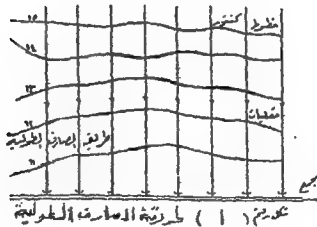
تخطيط شبكة الصرف

إذا كان هناك تمثلاً في كل من درجة استواء الأرض ومنسوب المياه الأرضية فإنه يفضل وضع الحقلية في خطوط متوازنة تصب في مجتمعات متعامدة عليها. وهذه المجتمعات تصب في مصارف للدرجة الأولى ومنها الى المصرف العمومي.

بينما إذا كانت الأرض غير مستوية أو كان منسوب المياه الأرضية غير منتظم يمكن إتباع أى من الطرق الآتية في التخطيط.

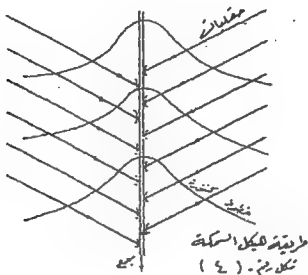
١. طريقة الشبكة تستخدم في الأراضي ذات الأتحدار المنتظم (المستوية) حيث يوضع المجمع في حدود الأرض بينما تكون الحقلية متوازية. ويتم هذا التخطيط بطريقتين هما:

أ - طريقة المصارف الطولية وتستخدم إذا كان ميل الأرض أقل من ٣٠٠/١ وتوضع الحقلية في اتجاه اكبر ميل أى أنها متعامدة على خطوط الكنتور (انظر شكل: ١).

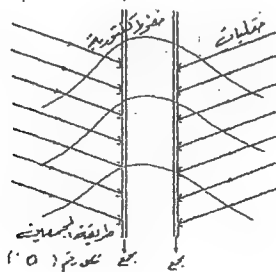


٢. طريقة هيكل السمكة: في هذه الطريقة توضع لاحتمال تعرض المنطقة لمياه جوفية زائدة مستقبلاً وتوضع فيها الحفليات بانتظام على مسافات متساوية ويشترط عدم تلاقي الحفليات من الجانبين في نقطة واحدة على المجمع خوفاً من إزدحام المياه به. (ويوضح شكل ٤) تخطيط كروكي لطريقة هيكل السمكة.

شكل (٤):

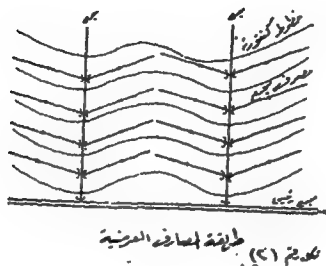


٤. طريقة المجمعين : وفيها يستعمل مجمعين اذا كان هناك منخفض عريض في الأرض (شكل ٥).



ب - طريقة المصارف العرضية وتستعمل اذا كان ميل الأرض يزيد عن ٣٠٠/١ وتوضع الحفريات في إتجاه خطوط الكنتور كما هو واضح في (شكل ٢).

شكل (٢):

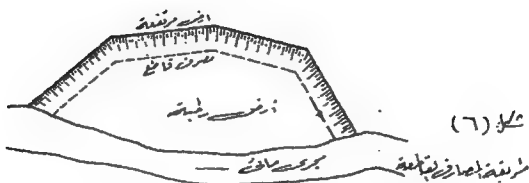


٢. الطريقة الطبيعية: وفيها يعتمد التخطيط على مناسيب الأرض الطبيعية (كما في شكل ٣) وتصلح تطبيقها في المساحة الصغيرة كثيرة الانحدار مختلفة المناسيب.

شكل (٣):



٥. طريقة المصارف القاطعة: تستخدم المصارف القاطعة لمنع التسرب من المجارى المائية ذات المناسيب العالية الى الاراضى المجاورة أو تستخدم لمنع التسرب من الاراضى المرتفعة الى الاراضى المنخفضة لحمايتها من الغرق والتلح (شكل ٦).



إنحدار المصارف:

إذا كان هناك إنحدار كاف توضع مواسير الصرف على العمق المطلوب موازية لسطح الأرض اما اذا كانت الأرض منبسطة فيوضع مصب الحفليات أو طوى من مينته بحوالى ٢٥ سم على الأقل. بينما يتوقف منسوب للمصرف المجمع على كل من:

١. منسوب الحفليات التى تصب فيه.
٢. طول المصرف للمجمع نفسه.
٣. منسوب المياه بالمصرف الرئيسى المكشوف والذي يجب الا يقل عن بعد ٢ م من سطح الأرض.

والنقاط الهامة التي يجب مراعاتها عند تحديد إنحدارات المصارف هي أن يكون صرف المجمع بالمصرف المكشوف صرفاً حراً. كما أن أكبر إنحدار لمصارف الحقل في حالة التخطيط الطولي وأقل إنحدار لها يكون في حالة التخطيط العرضي. ويجب ألا يزداد الانحدار عند حد معين. حتى لا تتكون تيارات عكسية تؤدي إلى زحزحة خط المواسير ويجب ألا يقل الانحدار عن الحد الذي تقل معه سرعة مياه الصرف في خط المواسير مسببة ترسيب المواد العالقة والتي ربما تؤدي إلى انسدادها. ووجد أن أقل إنحدار للمصارف ذات القطر ٠.١م هو ١/١٠٠٠. وسوف نسوق بعض المعادلات التي تحكم العلاقة بين الانحدار والسرعة كما يلي:

١. معادلة فيسر Vissers' equation

$$V = 55.23 d^{0.6716} i^{0.55} \quad (١)$$

وتصبح معادلة فيسر لحساب أكبر مساحة يمكن صرفها كما يلي :-

$$q \text{ SL} = 2408 d^{2.672} \times i^{0.55} \quad (٢)$$

٢. معادلة ماننج Manning formula

$$V = 36.84 d^{3/2} i^{1/2} \quad (٣)$$

وتصبح معادلة ماننج لحساب أكبر مساحة يمكن صرفها كما يلي:

$$q \text{ SL} = 2240 d^{2.662} i^{0.5} \quad (٤)$$

حيث : الانحدار الهيدروليكي $i = (\text{cm/m})$

$S = (m)$ المسافة بين المصارف

$L = (m)$ طول المصرف

$Q = \text{mm-d}^{-1}$ معامل التصريف

$d = (٤,٢)$ قطر ماسورة المصرف cm في المعادلة

$d = (٣,١)$ قطر ماسورة المصرف m في المعادلة

$V = \text{m/sec.}$ السرعة المتوسطة لتدفق المياه

تعرين: اذا كان الانحدار (i) = ١٠م/١٠٠م

معامل التصرف (q) = ٤ م/يوم

وكانت أقطار مواسير الصرف ٢ بوصة، ٣ بوصة، ٥ بوصة، ١٠ بوصة، ١٨ بوصة.
- أحسب كل من : السرعة المتوسطة والمساحة (بالفدان) والمسموح بصرفها
مستخدما من كل من معادلة فيسر ومعادلة ماننج.

عمق مواسير الصرف المغطى عن سطح الأرض:

لتحقيق تهوية مناسبة لنمو النبات وكمية مناسبة من المياه لأعطاء محصول
وفير فإنه يتبقى إختيار العمق المناسب لخفض منسوب المياه الأرضية في زمن
معين. ولقد أسفرت النتائج عن أن عمق ١,٢ - ١,٥م للحقلات مناسب لمعظم إنتاج
المحاصيل.

وقد دلت التجارب بالأراضي المصرية أن متوسط العمق المناسب لمواسير الصرف

هو : ١,٢م في الأراضي الرملية

١,٣م في الأراضي الطقلية

١,٥م في الأراضي الطينية

ويتوقف عمق الحقلات على قدرة الأرض على الاحتفاظ بالماء وعمق

منطقة الجذور والأحوال الجوية السائدة.

" خطوات التنفيذ الآلى لشبكات الصرف المغطى "

١. يتم توزيع العمل داخل منطقة التنفيذ بما لا يتعارض مع الزراعات الموجودة
ودرجة نضجها وذلك بإعداد خرائط تبين أنواع الزراعات القائمة في المنطقة.

٢. يتم حفر الخندق بالعمق والعرض والانحدار التصميمي المطلوب حيث يتراوح
عمق الخندق بين ١,٢٥ - ١,٥م أما عرض الخندق يتوقف على نوع الماكينة
المستخدمة. ويبدأ حفر الخندق من جهة المصب بعمق مساو لعمق الصرف
ويعرض ثابت وبانحدار مساو لانحدار الحقل.

٣. يتم توصيل الحقلات بغرف الاتصال وغرف التفريش في مساقه ٢م باليد.

وترص الماسير ألياً ثم يوضع المرشح بعد رص الماسير بالسك المطلوب ثم يتم الردم على الماسير ويمرر عجل الجرار فوق الردم بعد الانتهاء منه لتثبيتته.

وللحصول على شبكة صرف جيدة يجب مراعاة النقاط الآتية:

١. توضع المصببات في أماكن مناسبة على المصارف المكشوفة بحيث تطلو أعلى منسوب متوقع لمياه المصرف المكشوف بما لا يقل عن ٢٥ سم.

٢. تخطط شبكة الصرف بمجمعات قصيرة في حدود ١ كم بميل ٠.٢-٠.٧٪ وحقلات طويلة في حدود ٢٠٠ م بميل ٠.١٪ في المتوسط ويراعى الاستفادة من الميل الطبيعي في توسيع المسافة بين المجمعات إلى ٣٠٠-٤٠٠ م. لتكون الشبكة متناسبة العمق من سطح الأرض.

٣. مراعاة ثلاثي كميات الحفر الكبيرة.

٤. مراعاة ثلاثي التقاطعات مع المجارى المائية العمومية والساقى الحقلية الكبيرة التي يزيد عمقها عن ٥ صم من أراضي الزراعه وكذلك البعد عن المباني والحدائق.

٥. مراعاة أن يكون التخطيط مستقيماً. كما يراعى أن يكون منسوب الحقلات عند مصبها في المجمعات أعلى بمقدار ١٠ سم على الأقل من محور المجمع ليساعد على عدم ارتداد مياه الصرف المجمع (انظر شكل ٧).

٦. يمكن تقسيم المنطقة الى وحدات صرف طبقاً لـ :

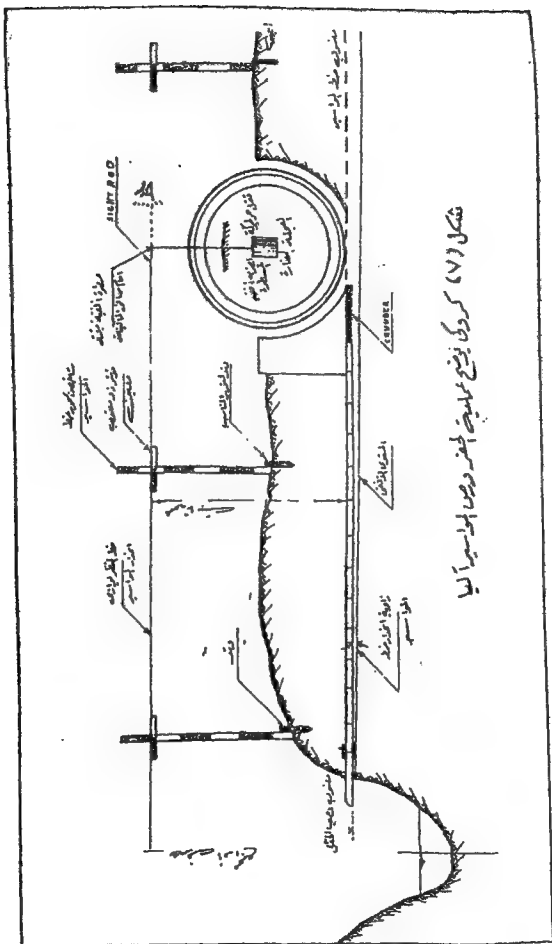
- نفاذية التربة.

- التسرب من المجارى المائية المجاورة.

- الصرف الطبيعي في المنطقة مع تحديد عمق الصرف المناسب.

تحديد مئتن الصرف الشبكة بحيث يتم صرف الماء الفائض بمعدل لا يضر بالنبات وعادة يكون بين ٣-١م/يوم قبحا لنوع الزراعة وظروف المناخ.

شکل (۷) کردگی بزرگ عملیات جبر و برش لایه آسفالته

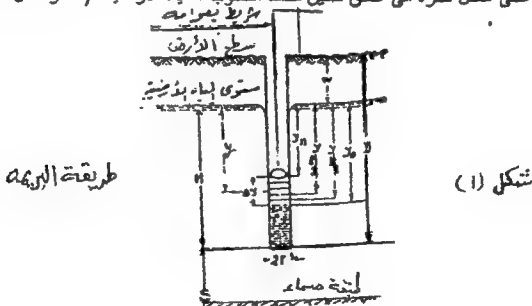


معامل التوصيل الهيدروليكي

إن قياس التوصيل الهيدروليكي (النفاذية) للتربة في الحالة المشبعة أى في وجود الماء الأرضى water table تعبر من الأساسيات التى يعتمد عليها لحل مشاكل الصرف وأكدت البحوث أن طريقة حفرة الأوجر Auger hole method أو يطلق عليها طريقة حفرة البريمة Auger hole method من أهم الطرق المتاحة لقياس القيمة المتوسطة للتوصيل الهيدروليكي عند تصميم شبكة المصارف خاصة فى الأراضي الرسوبية. وفى هذه الطريقة يقدر التوصيل الهيدروليكي لحجم كبير من قطاع التربة وتختلف قيمة التوصيل الهيدروليكي للأراضي تبعاً لكل من قوام وبناء التربة وكثافتها أى أنها تعتمد على هندسة فراغات التربة وطبيعة سطح الحبيبات. كما تتأثر قيمة التوصيل الهيدروليكي بمحتوى الأراضي من المادة العضوية ودرجة تشبعها بكاتيونات الكالسيوم أو الصوديوم ونوع معادن الطين.

تقدير معامل التوصيل الهيدروليكي فى الحقل:

إن قياس هذا المعامل له أهميته الكبرى فى تحديد المسافة بين المصارف وتعتبر طريقة حفرة الأوجر Auger hole method من الطرق الشائعة فى قياس معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة تحت منسوب المياه الأرضية وتعتمد هذه الطريقة على عمل حفرة الى عمق معين تحت منسوب المياه الأرضية (انظر شكل ١)



حيث يفرغ جزء من المياه الموجودة فى الحفرة بعد وصولها الى حالة الأتزان فيها ثم يقاس معدل انسياب المياه بها كل فترة زمنية محددة ولتكن Δt ثوانى أو زيادة هذه الفترة اذا كان معدل النفاذية بطى وتستمر القراءات حتى تسترد الحفرة ما لا يقل عن ٢٥٪ من المياه التى نزحت منها ($\sum \Delta y_i = 1/4 y_0$).

وحيث أن هناك علاقة بين معامل التوصيل الهيدروليكي (K) ومعدل صعود المياه فى الحفرة ($\Delta y/\Delta t$) كالاتى:

$$K = C. \Delta y/\Delta t$$

حيث C دالة لكل من:

(١) عمق الحفرة أسفل مستوى المياه الأرضية (H) .

(٢) بعد الطبقة الصماء أسفل قاع الحفرة (S) (الطبقة الصماء هى التى تلك الطبقة التى يقل المعامل K بها عن ١٠/١ قيمته للطبقات التى تعلوها).

(٣) نصف قطر الحفرة (r) .

(٤) المسافة بين مستوى المياه الأرضية ومتوسط منسوب المياه فى الحفرة أثناء صعود المياه (y) :

$$y = (y_0 - y_n)^2$$

حيث y_0 = المسافة بين مستوى المياه الأرضية و سطح المياه بعد التفريغ

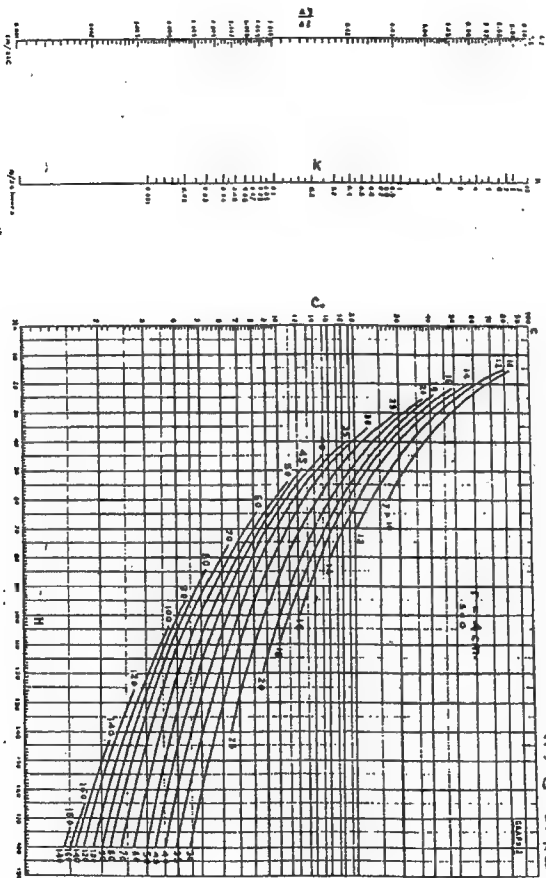
y_n = المسافة بين مستوى المياه الأرضية و سطح المياه بعد القياس

طرق حساب معامل التوصيل الهيدروليكي K

الطريقة الأولى : إستخدام نوموجرامات ارنتست سنة ١٩٥٠ وفيها نصف قطر حفرة الأوجر ٤سم. والنوموجرام الأول (شكل ٢) فيه $H \geq 1/2 S$ والنوموجرام الثانى (شكل ٣) اذا كانت $S = 0$ ويمكن إيجاد قيمة K من هذه النوموجرامات لأى قطر آخر للحفرة حيث يتم ضرب كل من H, Y فى النسبة بين نصف القطرين.

نوسه‌ها را با تفسیر معادله انتفاذ زینت (بطلیم البرونزی)

منبع: کتاب ششگانه (۳)



الطريقة الثانية : هو استخدام المعادلات في حساب K

الحالة الأولى : $S \geq 1/2 H$

$$K = \frac{4000 r^2}{(H+20r)(2-y/H)y} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

الحالة الثانية $S = 0$ أى عندما يقع قاع الحفرة مباشرة على الطبقة الصماء.

$$K = \frac{3600 r^2}{(H+10r)(2-y/H)y} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

حساب معامل التوصيل الهيدروليكي في التربة ذات الطبقات:

إذا كانت الأرض تتكون من طبقتين العلوية معامل النفاذية لها (K_1)

والطبقة الثانية معامل النفاذية لها (K_2) فإن :

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{K_1}{C_1} + \frac{K_2}{C_2} = \frac{K_2}{C_0}$$

Or

$$K_2 = \frac{C_0 \Delta y / \Delta t - K_1}{C_0 / C_2 - 1}$$

(١) يتم حساب K_1 للطبقة العليا باستعمال النوموجرام الأول (شكل ٢) $(S \geq 1/2 H)$

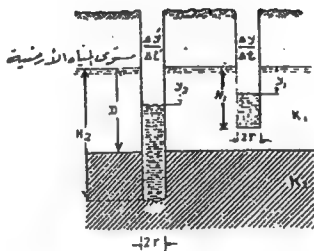
ومن معدل صعود المياه في الحفرة $\Delta y / \Delta t$. (٢) وتعين قيمة C_1

للمقادير y_1, H_1 . (٣) تعين قيمة C_0 من النوموجرام الثانى (شكل ٣) والذي

فيه $S = 0$. (٤) يمكن تعيين قيمة C_2 باستخدام أى من النوموجرامين حسب

الحالة. (٥) استعمال كل من y_2, D نظراً لأخذ الأنسياب الأتقى في الحفرة العميقة

في الاعتبار (أنظر شكل ٤).



تباين معامل النفاذية
في تربة ذات طبقتين

شكل (٤)

الرجيم الموسمي للمياه الأرضية :

أن من الأهمية دراسة العوامل الأساسية المكونة لرجيم المياه الأرضية وذلك للتحكم في هذا الرجيم - ومعرفة الرجيم الموسمي للمياه الأرضية هام في دراسة الصرف. ويفضل استخدام طريقة INARK. hongils للتعبير عن سلوك الرجيم الموسمي للمياه الأرضية وفيه يوضع الشهر الذي يحدث فيه أعلى ارتفاع لمنسوب المياه الجوفية معبراً عنه بأرقام لاتينية في البسط وفي المقام الشهر الذي حدث فيه أقل إنخفاض في المنسوب وبجواره الفارق أو السعة amplitude في التذبذب للمنسوب وفي المناطق شبه الجافة يوجد أربعة أنواع من الرجيم الموسمي للمياه الأرضية هي :

- الرجيم الهيدروجيولوجي Hydrogeological type : ويوجد هذا الرجيم في مناطق إمتداد وديان الأنهار.
- الرجيم المرتبط بالمناخ Climatic type : وهو مرتبط بفصول السنة حيث يرتفع منسوب المياه الأرضية ليصل أقصاه في الربيع ثم ليصل أدناه في الخريف.
- الرجيم المرتبط بالري والمناخ climato-irrigation. type : وينتشر هذا النوع في المساحات المروية من الأرض حيث يكون منسوب المياه الأرضية قريباً من سطح الأرض.
- الرجيم المرتبط بالري Irrigation type ينتشر هذا النوع في المساحات المروية للمناطق التي كان منسوب المياه الجوفية بها أسفل المنسوب الحرج قبل الري.

الباب الرابع

حساب المسافة بين المصارف

مقدمة

أن من أكثر العوامل التي تؤثر في تدفق المياه نحو مواسير الصرف والتي استخدمها الباحثون في حلولهم لاستنباط معادلات حساب المسافة بين الحفليات هي معامل التوصيل الهيدروليكي والمسامية الحقلية وبعد الطبقة الصماء عن محور الحفليات وعمقها كذلك عن سطح الأرض ونصف قطر مواسير الصرف والفكرة في هذه الحلول هي إيجاد علاقة بين الزمن وهبوط مستوى المياه الأرضية وكمية المياه المراد صرفها خلال الحفليات وكذلك افتراض شكل أساس لمنحنى المياه الأرضية تجاه مواسير الصرف وشملت هذه الحلول موضوعات الصرف المغطى على أساس التدفق المنتظم والتدفق الغير منتظم.

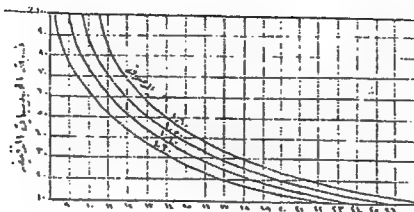
وفي البداية فقد قام كل من فاويزر وجانوتا ١٩٣١ بعمل منحنيات تربط العلاقة بين المسافة بين المصارف والنسبة المنوية للحبيبات التي يقل قطرها عن ٢٠ ميكرون كما هو واضح في شكل (١- أ.ب).

معادلة نيل Neal ١٩٣٤ لحساب المسافة بين الحفليات.

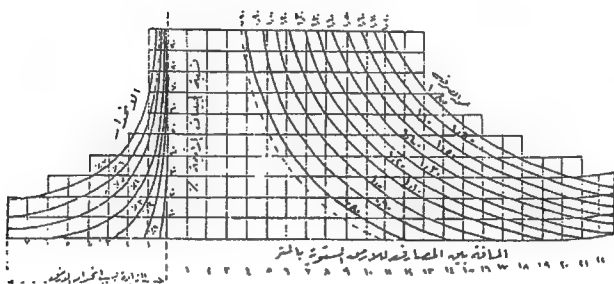
$$L = \frac{12000}{M_o^{1.6} R_d^{1.43}}$$

كما استنبط معادلة لحساب عمق الحفليات كالآتي:

$$D + r_o = \frac{1}{M_o^{0.5}} \frac{7.5}{}$$



المسافة من الشاطئ إلى البحر
شكل رقم (١ - ٢) منحنى فاوذر



المسافة من الشاطئ إلى البحر
شكل رقم (١ - ب) منحنى مبانوتا

جدول (٤) قيم العنق المكافئ (de) لهوخ أوت $ro = 0.07$

٣٠٠	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠	٧٥	٥٠	$\frac{L}{H}$
							بالمتر
		٠,٥٠	٠,٥٠	٠,٥٠	٠,٥٠	٠,٤٩	٠,٥
٠,٩٩	٠,٩٩	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٧	٠,٩٦	٠,٩	١,١
١,٩٤	١,٩٣	١,٩١	١,٨٨	١,٨٢	١,٧٦	١,٦٧	٢
٢,٨٣	٢,٨٠	٢,٧٥	٢,٦٨	٢,٥٤	٢,٤١	٢,٢٠	٣
٣,٦٧	٣,٦١	٣,٥٢	٣,٣٩	٣,١٥	٢,٩٣	٢,٥٩	٤
٤,٤٦	٤,٣٦	٤,٢٢	٤,٠٢	٣,٦٥	٣,٣٤	٢,٨٧	٥
٥,١٩	٥,٠٥	٤,٨٦	٤,٥٧	٤,٠٨	٣,٦٧	٣,٠٧	٦
٥,٨٨	٥,٦٩	٥,٤٤	٥,٠٦	٤,٤٣	٣,٩٣	٣,٢٣	٧
٦,٥٢	٦,٢٨	٥,٩٦	٥,٤٩	٤,٧٤	٤,١٥	٣,٣٥	٨
٧,١١	٦,٨٢	٦,٤٣	٥,٨٧	٤,٩٩	٤,٣٢	٣,٤٣	٩
٧,٦٧	٧,٣٣	٦,٨٦	٦,٢١	٥,٢١	٤,٤٦	٣,٥٠	١٠
٨,٩٠	٨,٤٢	٧,٧٧	٦,٨٩	٥,٦٢	٤,٧١		١٢,٥
٩,٩٤	٩,٣١	٨,٥٠	٧,٤١	٥,٩٢	٤,٨٨		١٥
١٠,٨	١٠,١	٩,٠٨	٧,٨١	٦,٠٠	٤,٩٧		١٧,٥
١١,٦	١٠,٧	٩,٥٤	٨,١٢	٦,٢٣			٢٠
١٢,٨	١١,٦	١٠,٢	٨,٥٢	٦,٣٩			٢٥
١٣,٦	١٢,٣	١٠,٧	٨,٧٨				٣٠
١٤,٣	١٢,٨	١١,٠٠	٨,٩٢				٣٥
١٤,٨	١٣,١	١١,٢					٤٠
١٥,٢	١٣,٤	١١,٤					٤٥
١٥,٥	١٣,٦	١١,٥					٥٠
١٥,٩	١٣,٨						٦٠
١٦	١٤,٠	١١,٠٥	٩,٠٣	٦,٤٢	٥,٠٣	٣,٦٢	

ملاحظات عامة على معادلات التدفق المنتظم

١. أدخل أرنست في حسابه قيمة المقاومة النصف قطرية، بينما أدخل هوخ أوت في معادلته العمق المكافئ ليغطي مثل هذه المقاومات.

٢. يمكن تطبيق معادلة "هوخ أوت" في الأراضي المتجانسة، أما في الأراضي ذات الطبقتين فيمكن إستعمالها على شرط أن تكون المواسير في الحد الفاصل بين الطبقتين، بينما معادلة أرنست يمكن إستعمالها والمواسير على أي منسوب.

٣. أفترض "هوخ أوت" عدم وجود تدفق رأسي في الطبقة العليا، بينما قد يحدث هذا وخاصه حين تكون $K_1 > K_2$ ، وهنا تصبح معادلة أرنست أفضل.

٤. طبقا لما ذكره "هوخ أوت" فإن الطبقة الصماء تنفذ أثرها على التدفق اذا كانت $d > 0.25$.

٥. يلاحظ أن أستعمال المعادلة (٤) يقتصر فقط على الحالات التي يتركز فيها المصرف على الطبقة الصماء، فإذا لم يكن هذا الأرتكاز تماما، بأن كانت الطبقة الصماء قريبة من الحقل، فإن هناك خطأ متوقعا من تطبيق معادلات هوخ أوت.

٦. أدخل هوخ أوت فكرة "الصور" Images في حوله للحالة التي تكون فيها الطبقة الصماء على بعد "d" تحت محور الحقلات. وتتلخص فكرة الصورة التي استخدمها هوخ أوت في تخيل مرآة مستوية عند الطبقة الصماء تعطى صورة تولية تبعد عن هذه الطبقة بمقدار "d" أيضا.

وعند ذلك يكون فرق الضاغطة بين النقطتين $B \neq A$ في المعادلة (٩) في حاجة الى تصحيح نتيجة لأثر الحقلات للتولية وتؤول هذه المعادلة الى:

$$\Delta\phi = \frac{Q}{\pi K} \left(\sum_n \log_e r_{BN} - \sum_n \log_e r_{AN} + \sum_n \log_e r_{AN} - \sum_n \log_e r_{AN} \right)$$

جدول (٢) قيم المعق العالي de بوح أوت $r_0 = 0.07 \text{ m}$

L/H	٥	٧,٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	ملاحظات
والقعر	١,٥	٠,٤٧	٠,٤٦	٠,٤٨	٠,٤٨	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٨٣-٠,١١,٨٧٥-H معق
٠,٧٥	٠,٥٤	٠,٥٩	٠,٦٤	٠,٦٧	٠,٦٩	٠,٧١	٠,٧٣	٠,٧٣	٠,٧٤	٠,٧٤	٠,٧٥	
١,٠٠	٠,٦٩	٠,٦٩	٠,٧٥	٠,٨٢	٠,٨٦	٠,٨٩	٠,٩٠	٠,٩٢	٠,٩٣	٠,٩٤	٠,٩٤	
١,٢٥	٠,٦٢	٠,٧٥	٠,٨٢	٠,٩٣	١,٠٠	١,٠٥	١,٠٩	١,١٢	١,١٤	١,١٦	١,١٦	
١,٥٠		٠,٧٩	٠,٨٨	٠,٩٤	١,٠١	١,٠٦	١,١٤	١,٢٠	١,٢١	١,٢٣	١,٢٣	٢,٠٦-٠,٦,٢٥-
١,٧٥		٠,٨٢	٠,٩٤	١,٠١	١,٠٦	١,١٢	١,٢١	١,٢٩	١,٤٢	١,٥٠	١,٥٢	
												٢,٢٩-٠,٧,٥ -
												٢,٤٥-٠,٥,٢٥-
												٢,٧٠-٠,٨١,٧٥-
												٢,١٠-٠,٦,٧٥-

وبالتعويض في المعادلة الأولى.

$$y dy = (Q/L K) (L/2 - X) dx \quad \text{فإن (٢)}$$

ويتكامل هذه المعادلة في الحدود من $y = d$, $X = 0$

الى X و Y فإن

$$y^2 - d^2 = \frac{Q}{LK} (Lx - X^2) \quad \text{(٣)}$$

وهي معادلة قطع ناقص.

وبالتعويض بما تساوية $y = H_0$, $X = \frac{L}{2}$ تكون المعادلة الى

$$L = \frac{4K}{Q} (H_0^2 - d^2) \quad \text{(٤)}$$

حيث L	البعد بين خطوط المصارف	متر
Q	تصرف المتر الطولي	م ^٣ /يوم
K	معامل النفاذية	م/يوم
H_0	بعد مستوى سطح المياه الأرضية عند منتصف المسافة		
	بين خطوط المصارف المغطاة و سطح الطبقة الصماء ...		متر
d	البعد بين محور مواسير الصرف و سطح الطبقة الصماء		متر

وعند تطبيق معادلة هوخ لوبت الأولى على مواسير الصرف لوحظ أن خطوط التنفق stream Lines تأخذ التقارب في إتجاهها نحو المواسير. ولما كان الردم فوق المواسير يستمر لمدة طويلة أعلى نفاذية من التربة الأصلية فإن الخطأ المتوقع عند إستعمال تلك المعادلة لن يكون كبيراً لأن خندق الحفر سوف يقوم أساساً بعمل المصرف المكشوف.

وقد أستطيع كولدنج Colding فى الدنمارك نفس الطريقة للوصول الى المعادلة (٣) إلا أنه أفترض d تساوى صفرا. ووجد أن البعد بين الحقلية يساوى نحو ٠.٩ من طول المحور الأكبر من القطع الناقص الذى تمثله المعادلة ٢ وكانت معادلة كولدنج كالآتى:

$$L = 1.8 H_0 (K/q)^{1/2}$$

حيث $q =$ معدل هطول الأمطار Q/L وبالتالي فإنه عند التعويض بقيمة d تساوى صفر وقيمة $Q = qL$ فإن المعادلة (٤) تصبح كالآتى :

$$L = 2 H_0 (K/q)^{1/2}$$

أو:

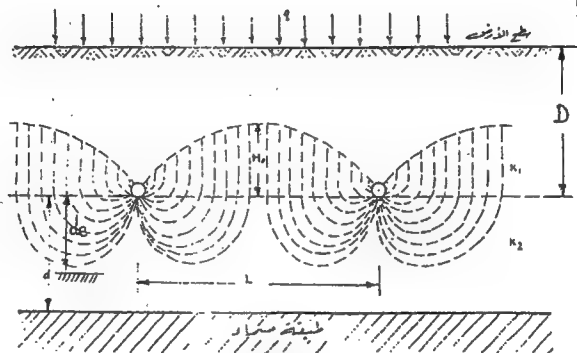
$$L^2 = (4 k H_0^2) / q$$

ثانيا :معادلة هوخ أوت الثانية:

من المعلوم لدينا الآن أن معادلة القطع الناقص إفتترضت أن المصرف فوق الطبقة الصماء أو قريبا منها، ولما كان الردم فوق المصرف عالى النفاذية ويستمر ذلك لمدة طويلة فإن أثر تقارب خطوط التدفق عند ماسورة الصرف يمكن إهماله.

ولكن هذه الافتراضات قد لا تكون عملية دائما. فإذا لم يصل المصرف الى حد الطبقة الصماء، وكان عمقا كبيرا فإنه يتعذر إهمال نتائج تقارب خطوط التدفق. وإفترض هوخ أوت أن حركة التدفق فى إتجاهها نحو المصرف تتعرض لحركتين أساسيتين: أفقية على بعد معين من المصرف، ونصف قطرية Radial قرب المصرف (شكل ٤). ووجد أنه إذا كان عمق الطبقة الصماء كبيرا فإنه يمكن الاكتفاء بالتدفق نصف القطرى. أما إذا كان عمق الطبقة الصماء متوسطا فإن التدفق الأفقى ونصف القطرى يندمجان معا، كما أفترض أيضاً أن هناك تشابه بين ماسورة الصرف الأفقية وماسورة البئر الرأسية من حيث أنه فى التربة المتجانسة تأخذ خطوط تساوى الضغط Equipotential شكل دوائر متحدة المركز.

کر دیکھیں، استنباط معادلات ہوج اوت



معادلات ہوج اوت

$$L^2 = \frac{8K_2 d q}{q} + \frac{4K_1 H_0^2}{q}$$

میں q = کثرت المياه الطولية صرف $3/2$ برسم
 d_0 = العمق المكافئ بعد من بعدلات خاصه

فإذا فرض ϕ هي الضاغط عند أى نقطة، r نصف قطر الدائرة التى تمر بتلك النقطة فإن الضغط الهيدروليكى عند تلك النقطة هو $d\phi/dr$ وطبقا لقانون دارسى فإن التدفق "q" لكل وحدة طول من محيط إحدى دوائر تساوى الضغوط لكل وحدة طول من البئر أ و ماسورة الصرف تساوى $d\phi/dr = -Kq$ ويكون التصرف الكلى لكل وحدة طول من الماسورة:

$$Q = + 2 \pi K r d \phi / dr \quad (5)$$

مع ملاحظة أن الإشارة أخذت موجبة لأن التصرف يتجه نحو البئر.

وبإجراء عملية التكامل نؤول المعادلة الى :

$$\phi = \frac{Q}{2 \pi K} \log_e r \quad (6)$$

فإذا فرض أن ماسورتين من مواسير الصرف المتوازية وضعتا بحيث كان نصفهما الأعلى فى طبقة صماء، ونصفهما الأسفل فقط فى تربة ذات عمق غير محدود وذات نفاذية ثابتة المقدار.

فإن المعادلة بالنسبة لنقطة تبعد r_1 من ماسورتى الصرف تصبح:

$$\phi = \frac{Q}{K} (\log_e r_1 + \log_e r_2) \quad (7)$$

ولمجموعة كبيرة من المواسير المتوازية يكون:

$$\phi = \frac{Q}{K} \sum_{n=1}^{\infty} \log_e r_n \quad (8)$$

فإذا استبدلت الطبقة الصماء بأخرى منفذة متجانسة، فإن هوخ أوت يرى أنه إذا لم يكن الضاغط البيزومتري عليها كبير، فإن منحنيات المياه الأرضية لسلسلة من المصارف المتوازية يمكن أن يجمعها مستوى واحد يمر بالمحاور الطولية لمصارف تلك السلسلة، ولذا أخذ هوخ أوت المعادلة (٤) لتمثل توزيع الضغوط.

وعلى هذا الأساس إذا وضعنا نقطة A ملاصقة لمحيط إحدى مواسير تلك السلسلة وأخرى B عند منتصف المسافة البينية مع إعتبار المصارف خنادق طولية متوازية بنصف قطر يمكن إهماله بالمقارنة بالطول فإن فرق الضغوط $\Delta\phi$ يكون:

$$\Delta\phi = \phi_B - \phi_A$$

$$= \frac{Q}{\pi K} (\sum_n \log_e r_{Bn} - \sum_n \log_e r_{An}) \quad (٩)$$

حيث يمثل الصفر المصرف الذي تقع عليه النقطة A
 r_{An} = المسافة من مركز المصرف التوني لنقطة A
 r_{Bn} = المسافة المائلة للنقطة B

وبتجميع المعادلة (٩) على أساس " L " هو البعد بين الحفريات، r_0 هو نصف قطر الحفلة:

$$\Delta\phi = \frac{Q}{\pi K} \left(\log_e \frac{L}{2r_0} - 0.454 \right) \quad (١٠)$$

ولما كانت $\log_e \frac{\pi}{2}$ فإنه يمكن كتابة المعادلة بصورة أخرى هي:

$$\Delta\phi = \frac{Q}{\pi K} \log_e \left(\frac{L}{2r_0} \right) \quad (١١)$$

وبالرغم من أن هذه المعادلة قد جاءت نتيجة للضغوط البيزومترية التي تتعرض لها الماسورة، إلا أن هوخ أوت أوضح أن هذه المعادلة تنطبق على حالة مطول الأمطار مطولا منتظما أيضا.

ويلاحظ في هذه المعادلة أن عمق الطبقة المنقذ غير محدود (لاتهاني) أما إذا كان محدوداً ومساوياً "d" تحت الماسورة فإن هوخ أوت قام بتعديل المعادلة لتصبح :

$$\Delta\phi = \frac{Q}{\pi K} \left(-0.454 + \log_e \frac{L}{2r_0} \right) + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \log_e \frac{(2n-1)L^2/4 + 4d^2}{(n^2 L^2 + 4d^2) [(n-1)^2 L^2 + 4d^2]} \quad (12)$$

وقد وجد أن المعادلتين (١٢،١٠) تحتاجان إلى تعديل آخر لأن هوخ أوت يفترض أثناء الحل أن مستوى المياه الأرضية كان أفقياً، فاقترح إضافة الحد $\frac{Q H_0}{K L}$ للطرف الأيمن والذي يمكن إستنتاجه من افتراض وجود تدفق رأسى صرف عند سمت المصرف فإذا كان ارتفاع المياه الأرضية فى منتصف البينية يساوى H_1 من محور المصرف H_2 عند السمت، فإن التدفق $\frac{Q}{L}$ لكل وحدة مساحة - وهو التدفق الذى يتحرك إلى أسفل من مستوى المياه الأرضية إلى المصارف - يمكن تمثيله عند نقطة المنتصف بالمعادلة.

$$\frac{Q}{L} = K \Delta\phi_1 / H_1$$

$$\frac{Q}{L} = K \Delta\phi_2 / H_2 \quad \text{وعند نقطة السمت}$$

$$\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2 = \frac{QH_0}{KL} \quad \text{ويكون فرق الضغوط بين النقطتين}$$

ونستنتج مما سبق :

١. أنه كلما إقترب المصرف من مستوى الطبقة الصماء، فإن افتراض التدفق الأفقى يودى إلى نتائج طيبة، وفى هذه الحالة تستعمل معادلة القطع الناقص رقم (٤،٣).
٢. كلما زاد بعد الطبقة الصماء، فإن التدفق نصف القطرى يعطى نتائج طيبة.
٣. فى الطبقات المتوسطة العمق، قام هوخ أوت بدمج الفرضين معاً بأن إفتراض أن التدفق فى المنطقة القريبة من المصرف (شكل ٥) هو تدفق نصف قطرى، وفى المنطقة البعيدة منه تدفق أفقى. ويقسم بينهما المستوى الرأسى 1-1 عند X يساوى X_1 .

ويكون الناقذ الكلى للضاغط هو مجموع الفواقد فى كل من المنطقتين $X > X_1$ محتسبه وفق فروض التدفق الأفقى، $X > X_1$ محتسبه وفق التدفق نصف القطرى ويحدد المستوى $X = X_1$ فى الموقع الذى يكون فيه فرق الضاغط بين النقطة "a" والنقطة "b" أقل مايمكن ومن هنا نستطيع اعتباره أحد مستويات تساوى الضغوط وقد وجد هوخ أوت أن المستوى الذى يفى بهذه الشروط هو المستوى

$$X = \frac{1.41}{2} d$$

وعلى ذلك فإن فرق الضاغط $\Delta\phi$ بين النقطتين B,A يمكن الحصول عليه بتطبيق المعادلة (١٢) لما بين B,A لتعيين $\Delta\phi_1$ والمعادلة (٢) لما بين النقطتين B,b لتعيين $\Delta\phi_2$ فتصبح:

$$\Delta\phi = \Delta\phi_1 + \Delta\phi_2 \quad (١٣)$$

$$\begin{aligned} \Delta\phi_1 = \frac{Q}{\pi K} \left\{ \log_e \frac{1.41}{2} \frac{d}{r_0} + \sum_{n=1}^{\infty} \log_e \frac{(nL)^2 - d^2/2}{(nL)^2} \right. \\ \left. + 1/2 \sum_{n=0}^{\infty} \log_e \frac{(nL + \frac{1.41}{2} d)^2 + 4d^2}{(nL)^2 + 4d^2} \right. \\ \left. + 1/2 \sum_{n=1}^{\infty} \log_e \frac{(nL - \frac{1.41}{2} d)^2 + 4d^2}{(nL)^2 + 4d^2} \right\} \quad (١٤) \end{aligned}$$

$$\Delta\phi_2 = \frac{Q}{K} \frac{(L - 1.41 d)^2}{8dL} \quad (١٥)$$

وتؤول المعادلة (١٣) الى :

$$\Delta\phi = \frac{Q}{K} (B+C) \quad (١٦)$$

حيث C&B هما الدالتان $\Delta\phi_1$ ، $\Delta\phi_2$ بدون $-\frac{Q}{K}$

$$L^2 = \frac{8 \text{ de } K H_0 + 4 K H_0^2}{q} \quad (١٧)$$

وإذا كانت طبقة التربة مكونة من طبقتين معامل النفاذية بهما K_1 و K_2 على الترتيب تصبح المعادلة كما يلي:

$$L^2 = \frac{8 \text{ de } K_2 H_0 + 4 K_1 H_0^2}{q} \quad (١٨)$$

حيث :

L	=	المسافة بين خطوط المصارف	متر
K_1	=	معامل النفاذية للطبقة أعلى مواسير الصرف	م/يوم
K_2	=	معامل النفاذية للطبقة أسفل مواسير الصرف	م/يوم
q	=	تصرف المتر المسطح من المساحة المنتفحة بالصرف	م ^٣ /م ^٢ في يوم
de	=	العمق المكافئ	متر
d	=	بعد الطبقة الصماء أسفل مواسير الصرف	متر

العمق المكافئ (de):

والعمق المكافئ كما عرفه هوخ أوت بأنه عمق طبقة منفذة تحدها من أسفل طبقة تخيلية صماء، بحيث إذا ما حسب البعد بين الحقلية طبقاً لمعادلته الأولى (القطع الناقص) بعد تغيير d بقيمة de ، وقياس H_0 من هذه الطبقة التخيلية، فإن النتيجة تطابق نتائج المعادلات ٤ أو ١٠ أو ١٢ أى أن هذه الطبقة المنفذة يمر فيها نفس التصرف بتدفق أفقي، وتحت نفس الضغوط.

ولإمكان حل المعادلة (١٨، ١٧) وضع " هوخ أوت " جداول للبعد de

موضحه بالجدول أرقام ١، ٢، ٣، ٤، حيث de داله للمقادير (ro, L, d) .

قام مودى Moody ١٩٦٦ بتبسيط حساب العمق المكافئ من المعادلة

الآتية:

$$\frac{de}{d} = \left[1 + \frac{d}{L} \left(\frac{8}{\pi} \log_e d/r_0 - 3.4 \right) \right]^{-1}$$

ووجد مودى أن هذه المعادلة صالحة في الحد $0 < \frac{d}{L} < 0.3$ أما إذا

كانت $d/L > 0.3$ فإن مودى يفضل استعمال معادلة ماسلاند Mansland ١٩٥٦

المقربة الى مايلي:

$$\frac{de}{L} = \left(\frac{8}{\pi} \log_e L/r_0 - 1.15 \right)^{-1}$$

وتعتبر حلول (مرخ أوت) حتى الآن من أحسن الحلول التي تم استخدامها، رغم

إدخال التعديلات في كثير من خطواتها إذ أن الأرصاد الفعلية التي تم استخدامها
تطابق النتائج التي تعطيها معادلاته بدرجة عالية.

نوموجرامات أرنست ويومانز:

ذكر فيسر (Visser) أن معادلة هوخ أوت تربط بين الضاغط الهيدروليكي H_0 والتصرف Q والبعد بين الحقيبات L ، ومعامل النفاذية K ، والعمق المكافئ d_e .

ويرى فيسر ١٩٥٤ أنه يمكن التمييز بين نهائيتين أولاهما عندما تكون الطبقة الصماء على بعد لانهائي، والثانية عندما تكون على منسوب مواسير الصرف وكل شق من شقي معادلة هوخ أوت يشكل حلا بسيطا وجيدا لكل حالة من هاتين الحالتين. فالحالة الأولى يكون حلها من شق المعادلة $L^2 = \frac{8 K d_e H_0}{q}$ وبالنسبة للحالة الثانية يكون حلها من الشق الثاني للمعادلة $L^2 = \frac{q 4 K H_0^2}{q}$.

أما إذا وقعت الطبقة الصماء فيما بين هاتين النهائيتين، فإن معادلة هوخ أوت تستعمل بكامل شقيها وتحل بالتجربة.

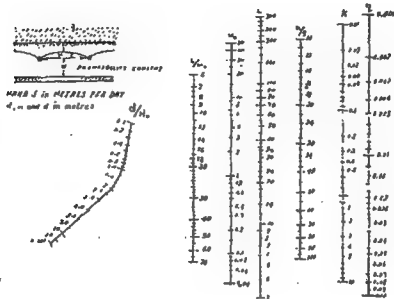
وقد ذكر فيسر أن أرنست ويومانز (Ernst & Boumans) قاما بدراسة حالات فعلية عديدة لمستويات مختلفة من المياه الأرضية، وبعدها عن الحقيبات لمعدل ثابت لهطول الأمطار وعند أعماق متباينة للطبقة الصماء وخرجا منها بعمل النوموجرامين شكلي (٦٠٥) واللذين يتميزان ببسولتهما وبالوصول إلى الحل المباشر مع الاستغناء نهائيا عن جداول العمق المكافئ لهوخ أوت.

ثالثا: معادلة أرنست :

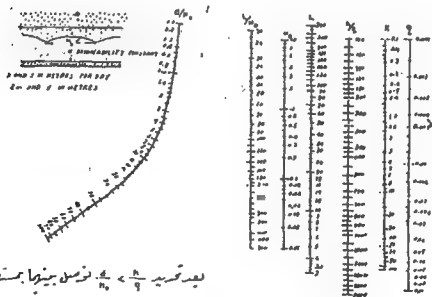
استبط أرنست معادلته من مقارنة دارمسي بقانون أوم، وقسم التدفق إلى ثلاث مركبات رأسية وأفقية ونصف قطرية كما قسم الضاغط الهيدروليكي إلى ثلاثة مركبات مقابلة هي h_v , h_h , h_r .

$$H_0 = h_v + h_h + h_r \quad \text{أي}$$

MONOGRAM FOR CALCULATING DISTANCES BETWEEN TILE DRAINS WHEN $K/q \leq 100$



HOWEARTH FOR CALCULATING DISTANCES BETWEEN TILE DRAINS WHEN $K/q \geq 100$



بعد تحديد $\frac{n}{q} < \frac{4}{n_0}$ نواصل بيننا باستقيم
 يتلصق $\frac{1}{n_0}$ في نقطة محدودة من مجموعة "A"

يَطْلَعُ $\frac{1}{n_2}$ فِي نَقْطَةِ مَحْدٍ مِنْ رَافِعَةٍ "أ"

وبالتنظر في شكل (٧) نجد أن المعادلة العامة لأرنست تأخذ الطبيعة الرياضية الآتية:

$$H_0 = \frac{Q S_1}{K_1} + \frac{Q L^2}{8(K_1 S_1 + K_2 S_2)} + Q L W_r \quad (١٩)$$

حيث

- S_1 = متوسط سمك الطبقة العليا المختزنه للمياه بالمتر.
 S_2 = متوسط سمك الطبقة السفلى بالمتر.
 Q = التصريف المطلوب التخلص منه م/ يوم.
 W_r = المقاومات نصف القطرية وهى دالة لقطر الماسورة وموقع المصرف بالنسبة لقطاع التربة.

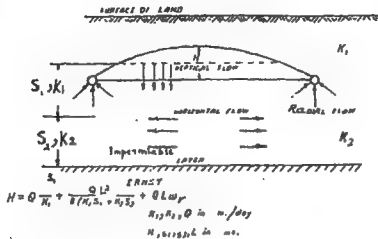
فإذا كانت التربة مكونه من طبقة واحدة متجانسة وذات نفاذية واحدة، أمكن إهمال الحد الأول أى إهمال W_r من الطرف الأيمن للمعادلة مع اعتبار S_1 تساوى صفر فتصبح كما يلى:

$$H = \frac{Q L^2}{8 K d} + Q L W_r \quad (٢٠)$$

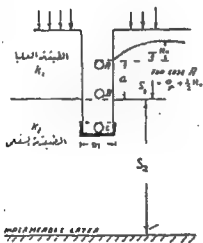
ويلاحظ أن الحد الأول من هذه المعادلة يمكن الحصول عليه مباشرة من تكامل المعادلة العامة للتدفق.

$$\frac{\delta^2 \phi}{\delta X^2} = - \frac{Q}{K_x H}$$

فضلا عن ان هذا الحد هو جزء من معادلة "موخ أوت" إلا أن الأخير قد استبدل "S" بالعق المكافئ ليعطى المقاومات نصف القطرية بينما خصص له "أرنست" حدا بذاته هو الحد الثانى.



معادلات آنرست



الان الأولي H من بئر المصروف في الطبقة العليا من الرتبة

$$r_2/r_1 > 20 \quad (1)$$

$$w = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

w = NET PERIMETER OF DRAIN

$$r_2/r_1 < 20 \quad (2)$$

$$w = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

WHERE $r_2 = \frac{Q}{w}$ IN m.

w, h, r_2 TO BE DETERMINED FROM BOTTOM DIAGRAM

الان الثاني B من بئر المصروف في الرتبة السفلية

$$w = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

الان الثالث C من بئر المصروف في الطبقة السفلية

$$w = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

شكل رقم (٢-٣١)

استدوات ومبرور مواصفات
واللغات ومنظومات w في شكل مالت

شكل رقم (٧)

ولحساب (W_r) إعتبر أرمنت الحالات الآتية: شكل (٧)

الحالة الأولى : المصرف يقع فى الطبقة العليا:

(أ) إذا كانت النسبة $\frac{K_2}{K_1} \geq 20$ فإن

$$W_r = \frac{1}{K_1 \pi} \log_e \frac{4 S_1}{U} \quad (٢١)$$

(ب) إذا كانت النسبة $\frac{K_2}{K_1} < 20$ فإن

$$W_r = W_o K_1 + \frac{1}{\pi} \log_e \frac{S_1}{4 r_o} \quad (٢٢)$$

حيث يحسب الحد الأول $W_o K_1$ من منحنى يحكم العلاقة بين:

$$\frac{K_2}{K_1}, \frac{S_2}{S_1} \text{ كما هو موضح فى (شكل ٧).}$$

الحالة الثانية : المصرف يقع على الحد الفاصل بين الطبقتين:

$$\therefore W_r = \frac{1}{\pi K_2} \log_e \frac{4 S_2}{\pi m} \quad (٢٣)$$

الحالة الثالثة : المصرف يقع فى الطبقة السفلى:

$$W_r = \frac{1}{\pi K_2} \log_e \frac{S_2}{U} \quad (٢٤)$$

حيث

U = المحيط المغمور للمصرف سواء كان مكشوقا أو مغطى ويساوى

عادة مساويا πr_o فى حالة المواسير.

m = عرض قاع الخندق.

r_o = نصف قطر الماسورة الخارجى.

ولما كانت S_1 هي متوسط سمك الطبقة العليا المختزنة للمياه، فإنها تحسب كما يلي:

في الحالة الأولى فإن S_1 تساوى :

بعد سطح الماسورة عن الحد الفاصل بين الطبقتين أو بعد سطح المياه بالمصرف إذا كان مكشوفاً + $\frac{1}{2}$ بعد مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة البينية من سطح الماسورة أو من سطح المياه بالمصرف إذا كان مكشوفاً.

في الحالة الثانية والثالثة فإن S_1 تساوى :

$\frac{1}{2}$ البعد بين مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الحقلات والحد الفاصل.

أما إذا كانت التربة متجانسة فتؤخذ S_1 مساوية لنصف البعد بين مستوى المياه الأرضية عند منتصف البعد البيني ومحور الحقلات.

رابعاً: معادلة كيركهام:

يفترض كيركهام أن التربة التي تملأ الحقلات هي وسط يحتوي على زلط كما يفترض وجود غشاء رقيق أملس غير منفذ على طول خطوط التدفق. وتحتوي طبقة الزلط على شرائح رأسية تقابل الأغشية. هذه الافتراضات تؤدي إلى أن الارتشاحات الرأسية تسيطر حتى الحقلات بلا فواصل تذكر بسبب الاحتكاك، كما يفترض أن هناك تدفق منتظم من مياه الأمطار أو الري، ويقابله تدفق آخر معاكس يخرج من مواسير الصرف مما يجعل مستوى المياه الأرضية متزاناً نتيجة لمثل هذا التدفق. ومن هذه الافتراضات أمكنه استنباط الدالة الآتية:

$$F(x) = \frac{1}{\pi} \log_e \frac{\sin \frac{\pi x}{L}}{\frac{\pi x}{L}} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\cos \frac{2m\pi x}{L} - \cos \frac{2m\pi X}{L} \right) \left(\coth \frac{2\pi m d}{L} - 1 \right) \quad (25)$$

ومنها أستنتج كيركهام معادلته حينما تكون : $X = \frac{L}{2}$

$$H_0 = \frac{QL}{K} \cdot \frac{1}{1-Q/K} \quad (٢٦)$$

$$F(x) = F\left(\frac{d}{2r}, \frac{L}{d}\right) \quad \text{حيث}$$

فإذا كانت الترتيب ذات طبقتين معامل نفاذيهما K_1 , K_2 على التوالي ووضعت المواسير في الحد الفاصل بينهما، فإنه يمكن كتابة المعادلة في الصورة الآتية:

$$H_0 = \frac{QL}{K_2} \cdot \frac{1}{1-Q/K_1} \cdot F(x) \quad (٢٧)$$

ويضرب كلا من طرفي المعادلة (٢٥) في $\frac{1}{d} \left(\frac{K}{Q} - 1\right)$ نؤول المعادلة الى:

$$\frac{H_0}{d} \cdot \left(\frac{K}{Q} - 1\right) = \frac{L}{d} \cdot F(x) \quad (٢٨)$$

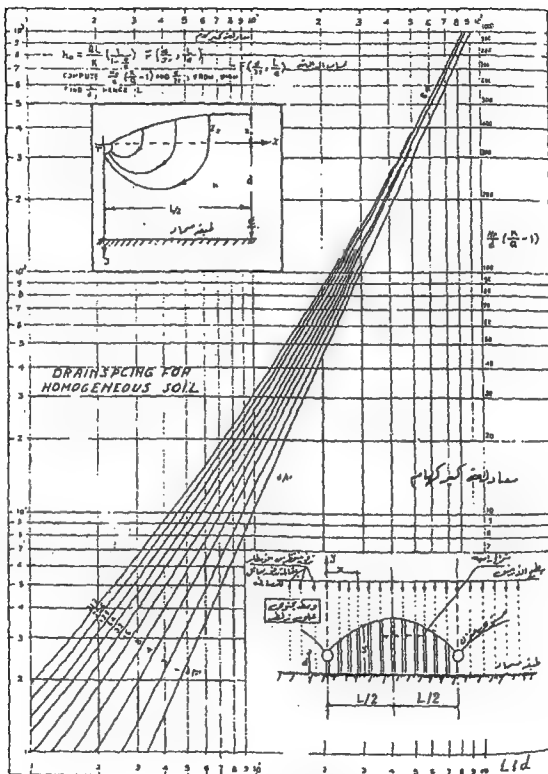
وبذا تصبح جميع حدود المعادلة مجردة Dimensionless وتسهل لحظها

قام بعمل نوموجرام يجمع حدودها الثلاثة $\frac{L}{d}$, $\frac{d}{2r}$, $\frac{H_0}{d} \left(\frac{K}{Q} - 1\right)$

فبحساب الحدين الأولين، يعين من النوموجرام الحد الثالث $\frac{L}{d}$ ومنه تحسب المسافة (L).

والشكل رقم (٨) يوضح: يستنباط معادلة كيركهام.

(1-1) $\frac{2}{\pi}$



شکل (۸)

خامساً: معادلة حماد للتسرب داخل التربة من النهر الى المصارف القاطعة:

أعتبر حماد أن الطبقة العليا شبه منفذة تطلو طبقة عالية النفاذية يخرقها النهر. وأفترض للسهولة أن الخط الذى يقسم بين الطبقتين هو خط أفقى.

وتمر المياه التى ترشح من النهر فى خطوط أقل المقاومة Least Resistance بسيرها فى الطبقات الرمل ثم ترتفع فى الطبقات العليا. ولا يفقد الضاغط المائى كثيراً خلال مسيرة المياه داخل طبقة الرمل.

أما فى الطبقات العليا فإن المياه تأخذ فى الارتفاع التدريجى مع ارتفاع مناسب النهر بزمان تلكز معين.

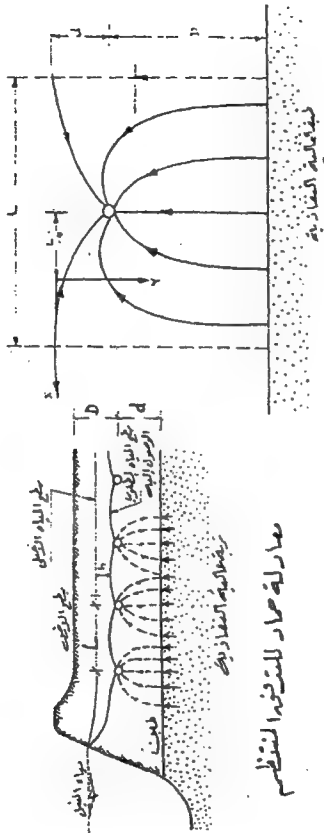
ورؤية شبكة الصرف المغطى هنا تقطع الطريق على المياه من الارتفاع الى المناسب الحالية. وفى هذه الحالة تأخذ خطوط التدفق وضعا رأسيا وعند ماتقرب من المصارف تتحنى اليها لتدخلها دخولا نصف قطرى شكل (٩) وتوصل الى المعادلة:

$$Q = \frac{2\pi h K}{\log_e 1/2 \left[1 + \cosh \frac{2\pi (D+d)}{L} \right]} \quad (٢٩)$$

سادساً: معادلة شاهين:

وضع شاهين الافتراضات الآتية:

١. قبيل الرى، تكون المناسيب البيزومترية فى كل من الطبقتين واحدة، الأمر الذى يشير الى عدم وجود حركة لصعود او هبوط مستوى المياه الأرضية.
٢. ويكون المصدر الوحيد الذى يسبب التدفق بالمصارف هو مياه الرى أو المطر التى تجعل مستوى المياه الأرضية يرتفع حتى سطح الأرض، وبمعنى آخر يصبح قطاع التربة كلها مشبعاً بالمياه.
٣. يكون معدل التدفق الى المصارف منتظماً.



معارف صهار للتدفق المنتظم

الحدود في حالة الدائرة من حيث أبعاد منحنى غير مجاور

$$Q = 2\pi kh / \log \left(1 + \cosh \frac{2\pi(D+d)}{L} \right)$$

where Q = discharge/unit length of drain

علاقته بـ ٩

٤. أن المصارف متوازية وعميقة وتقع جميعها في طبقة الطين.

٥. ولما كانت تربة دلتا النيل مكونه من الطين والطيني وفي غالب الحالات يقل معامل النفاذية كلما زاد عمق التربه فإنه يمكن اعتبار خطوط التدفق منتهية عند وصولها لمسافة صغيرة "d" تحت المصرف، فقد اعتبر شاهين بدء الطبقة الصماء على بعد لايزيد عن متر واحد تحت المصارف.

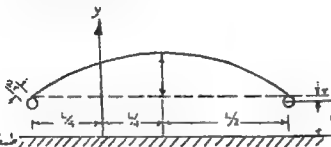
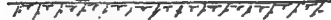
وبذلك تمكن من إستنباط المعادلة التالية: شكل رقم (١٠).

$$\frac{2\pi K H_0}{qL} = \log_e \left[\frac{\cosh \frac{2\pi}{L} (d + r + H_0) + 1}{\cosh \frac{2\pi}{L} (d + r) - 1} \right] \quad (٣٠)$$

حيث

q	=	كمية مياه المصرف/ وحدة مربعة/ وحدة زمن.
r	=	نصف قطر مواسير الحقلیات.
d	=	بعد الطبقة الصماء عن محور الحقلیات.
L	=	المسافة بين الحقلیات.
H_0	=	الضاغط الهيروليكي عند منتصف البعد بين الحقلیات

سطح الأرض ..



متواضعا على أكثر تقدير شكل الأرض لنا

الطبقة المسماة

معادلة شاهين

$$\frac{2\pi k H_0}{q_b L} = \frac{1}{\gamma} \left[\frac{\cosh \frac{2\pi}{L} (d + \gamma H_0) + 1}{\cosh \frac{2\pi}{L} (d + \gamma) - 1} \right]$$

حيث q_b = كثافة مياه الصرف / وحدة مساحة / وحدة زمنه

γ = القعر / وحدة طول / وحدة المساحة

نؤخذ المعادلة الى

وبعدنا يرتكز الحقلي على الطبقة المسماة

$$\frac{2\pi k H_0}{q_b L} = \frac{1}{\gamma} \ln \frac{\cosh \frac{2\pi}{L} (d + \gamma H_0) + 1}{\cosh \frac{2\pi}{L} (d + \gamma) - 1}$$

شكل رقم (١٠)

(د) أمثلة تطبيقية على معادلات التدفق المنتظم:

D = ١,٨ متر	إذا كان عمق الحفلات عن سطح الأرض
D+d = ٦,٨ متر	بعد الطبقة الصماء عن سطح الأرض
2 _r = ٠,٢٠ متر	قطر مواسير الصرف
q = ١٠٠٠ م ^٣ /م/يوم	التصرف المطلوب صرفه
H _o = ٠,٣٠ متر	أقصى ضاغط على المواسير
K ₂ = ٠,٨ م/يوم	معامل النفاذية
	K ₁

والمطلوب تحديد المسافة بين الحفلات L.

١- بتطبيق معادلة هو أوت الثانية :

$$L^2 = \frac{8d_e KH + 4 K H^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8 \times 1.8 \times 0.30}{0.001} + \frac{4 \times 0.8 \times (0.3)^2}{0.100}$$

$$= 1920d_e + 288$$

ومن جداول الأعماق المكافئة لهوخ أوت وعلى أساس:

$$H_o = 5' \text{ \& } L = 80ms$$

من جداول هوخ أوت, $d_e = 3.55$ وتصبح المعادلة

$$6400 \text{ لمتساوى } 6816 + 288$$

$$6400 \text{ لمتساوى } 7104$$

أى إن

ولذلك نحاول محاولة أخرى

$$L = 85 ms$$

بأخذ

$$\therefore d_e = 3.61$$

ومن جداول هوخ أوت

$$7225 = 6931 + 1396 = 7219$$

\therefore المسافة بين الحفلات = ٨٥ متراً

ملاحظة: يمكن حساب العمق المكافئ d_e من معادلة مودي:

$$\frac{d}{L} = \frac{5}{80} = 0.0625 < 0.3$$

$$\frac{d_e}{d} = \left[1 + \frac{d}{L} \left(\frac{8}{\pi} \log_e \frac{d}{r_0} - 3.4 \right) \right]^{-1}$$

$$= \left[1 + 0.0625 \left(\frac{8}{\pi} \log_e 5/0.10 - 3.4 \right) \right]^{-1} = (1.4)^{-1}$$

$$\therefore d_e = \frac{5}{1.4} = 3.55$$

٢. بتطبيق معادلة كيركهام :

$$\frac{H_0}{d} \left(\frac{K_1}{Q} - 1 \right) = \frac{L}{d} \cdot F(x)_2$$

الطرف الأيسر للمعادلة

$$\frac{0.3}{5} \left[\frac{0.8}{0.001} - 1 \right] = 47.9 \quad \& \quad \frac{d}{2r} = \frac{5}{0.2} = 25$$

ومن المنحنى (رقم ١١)

$$\frac{L}{d} = 16$$

$$L = 80 \text{ m.}$$

٢. بتطبيق معادلة أرنست :

$$H = \frac{QS_1}{K_1} + \frac{QL^2}{8(K_1 S_1 + K_2 S_2)} + QLW_r$$

$$S_1 = 1/2 \cdot (0.3 - 1/2 \text{ diam. of drain}) = 0.1$$

$$\frac{S_1}{K_1} = \frac{0.1}{0.8} = 0.125$$

$$\therefore \frac{QS_1}{K_1} = 0.000125$$

∴ يهمل هذا الحد لصغر قيمته

إذا كان عرض الخندق (b) = 0.3 فلن:

$$U = 0.3 + 2 \times 0.2 = 0.7$$

$$\therefore W = \frac{1}{\pi \times 0.8} \times \log_e \frac{5}{0.7} = 0.78$$

وحيث أن التربة متجانسة :

$$\therefore H = \frac{QL^2}{8Kd} + QLW$$

$$0.3 = \frac{0.001 L^2}{8 \times 0.8 \times 5} + 0.001 \times 0.78 \times L$$

$$L = 86.5 \text{ m}$$

٤. بتطبيق منحنيات أرست ويومان:

$$\frac{K}{q} = \frac{0.8}{1 \times 10^{-3}} = 800 > 100$$

∴ المنحنى الخاص بهذه الحالة هو (رقم ٦)

$$\frac{d}{H} = \frac{5}{0.3} = 16.7$$

$$L = 75 \text{ m}$$

٥. بتطبيق معادلة شاهين :

$$\frac{2\pi KH_o}{qL} = \log_e \left(\frac{\cosh \frac{2\pi}{L} (D+r+H_o) + 1}{\cosh \frac{2\pi}{L} (D+r) - 1} \right)$$

$$\frac{2 \times 3.14 \times 8 \times 3}{0.001 \times L} = \log_e \left(\frac{\cosh \frac{2 \times 3.14}{L} (1.0 + 1.0 + 3) + 1}{\cosh \frac{2 \times 3.14}{L} (1.0 + 1.0) - 1} \right)$$

$$\frac{1510}{L} = 2.3 \log_e \left(\frac{\cosh 8.45/L + 1}{\cosh 6.6/L - 1} \right)$$

$$0.875 = 0.935$$

$$\therefore L = 75 \text{ m}$$

$$L = 70 \text{ m} \text{ حاول بتطبيق}$$

جدول (١) قيم السحب الكافى de لوت $r_0 = 0.05 \text{ m}$

ملاحظات	L										بالسحب
	0.0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
٠,٧٦- ٠,٨٧٥-H μm ١,٩٣- ٢,٧٥-	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٨	٠,٤٨	٠,٤٧	٠,٤٧	٠,٤٦	٠,٤٦	٠,٤٥	٠,٤٥
	٠,٧٥	٠,٧٤	٠,٧٤	٠,٧٣	٠,٧٣	٠,٧١	٠,٧١	٠,٦٩	٠,٦٩	٠,٦٨	٠,٦٨
	٠,٩٢	٠,٩٢	٠,٩١	٠,٨٩	٠,٨٨	٠,٨٦	٠,٨٦	٠,٨٣	٠,٨٣	٠,٨١	٠,٨١
	١,١٠	١,٠٩	١,٠٨	١,٠٧	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٦	١,٠٤	١,٠٤	١,٠٣	١,٠٣
٢,١٣- ٢,٥٠-	١,٣٠	١,٢٨	١,٢٦	١,٢٤	١,٢٠	١,١٥	١,١٥	١,٠٨	١,٠٨	٠,٨٧	٠,٨٧
	١,٤٧	١,٤٥	١,٤٢	١,٣٧	١,٣٢	١,٢٦	١,٢٦	١,١٨	١,١٨	٠,٨٨	٠,٨٨
	١,٦٢	١,٥٩	١,٥٥	١,٥٠	١,٤٣	١,٣٥	١,٣٥	١,٢٥	١,٢٥	١,١١	١,١١
	١,٧٧	١,٧٢	١,٦٨	١,٦١	١,٥٤	١,٤٤	١,٤٤	١,٣٣	١,٣٣	١,١٦	١,١٦
٢,٥٣- ٢,٧٥-	١,٨٩	١,٨٥	١,٨٠	١,٧٢	١,٦٣	١,٥٢	١,٥٢	١,٣٨	١,٣٨	١,١٩	١,١٩
	٢,٠٢	١,٩٦	١,٩٠	١,٨١	١,٧٠	١,٥٨	١,٥٨	١,٤٢	١,٤٢	١,٢٢	١,٢٢
	٢,١٢	٢,٠٥	١,٩٧	١,٨٨	١,٧٦	١,٦٣	١,٦٣	١,٤٦	١,٤٦	١,٢٤	١,٢٤
	٢,٢٣	٢,١٥	٢,٠٦	١,٩٦	١,٨٣	١,٦٨	١,٦٨	١,٤٩	١,٤٩	١,٢٦	١,٢٦

جدول (٢) قيم العمق المكافئ (de) لهوخ أوت $ro = 0.05 \text{ m}$

٣٠٠	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠	٧٠	٥٠	$\frac{L}{H}$
							بالمتر
	٠,٥	٠,٥٠	٠,٥٠	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٤٩	٠,٥
٠,٩٩	٠,٩٨	٠,٩٨	٠,٩٧	٠,٩٦	٠,٩٥	٠,٩٢	١
١,٩٣	١,٩١	١,٨٩	١,٨٦	١,٧٩	١,٧٣	١,٦٢	٢
٢,٨١	٢,٧٧	٢,٧٢	٢,٦٤	٢,٤٩	٢,٣٥	٢,١٢	٣
٢,٦٣	٢,٥٧	٢,٤٧	٢,٣٢	٢,٠٦	٢,٨٤	٢,٤٨	٤
٤,٤٠	٤,٣٠	٤,١٥	٣,٩٢	٣,٥٤	٣,٢٣	٢,٧٣	٥
٥,٠٠	٤,٩٧	٤,٧٦	٤,٤٥	٣,٩٤	٣,٥٣	٢,٩٢	٦
٥,٧٨	٥,٦٠	٥,٣١	٤,٩١	٤,٢٧	٣,٧٨	٣,٠٦	٧
٦,٤٠	٦,١٥	٥,٨١	٥,٣٢	٤,٥٥	٣,٩٧	٣,١٧	٨
٦,٩٧	٦,٦٧	٦,٢٦	٥,٦٨	٤,٧٩	٤,١٣	٣,٤٤	٩
٧,٥١	٧,١٥	٦,٦٧	٦,٠٠	٤,٩٨	٤,٢٦	٣,٣١	١٠
٨,٦٨	٨,١٨	٧,٥٢	٦,٦٣	٥,٣٥	٤,٤٩		١٢,٥
٩,٦٧	٩,٠٢	٧,٢٠	٧,١١	٥,٦٣	٤,٤٦		١٥
١٠,٥	٩,٧٢	٨,٧٤	٨,٤٨	٥,٧٩	٤,٧٢		١٧,٥
١١,٣	١٠,٣	٩,١٦	٧,٧٦	٥,١٩			٢٠
١٢,٣	١١,٢	٩,٧٩	٨,١٢	٦,٠٦			٢٥
١٣,١	١١,٨	١٠,٢	٨,٣٦				٣٠
١٣,٧	١٢,٢	١٠,٥	٨,٤٨				٣٥
١٤,٢	١٢,٥	١٠,٧					٤٠
١٤,٦	١٢,٨	١٠,٩					٤٥
١٤,٨	١٣,١	١١,٠٠					٥٠
١٥,٢	١٣,٢						٦٠
١٥,٦	١٣,٣	١١,٠٠	٨,٥٩	٦,٠٨	٤,٧٨	٣,٤٩	∞

حيث D = عمق محور مواشير الصرف عن سطح الأرض بالقدم

M_0 = متوسط المكافئ الرطوبى فى الملة

L = المسافة بين الحقلية قدم

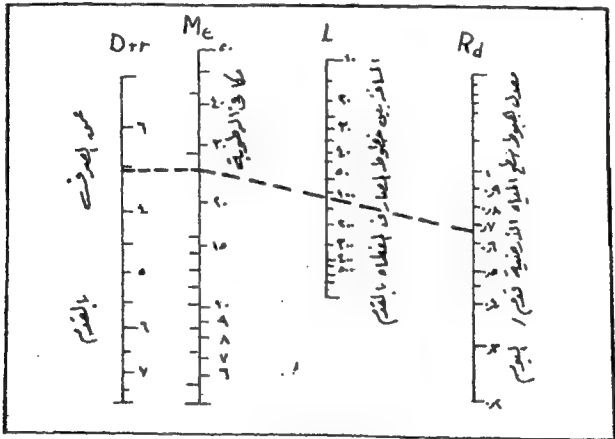
R_d = المعدل اليومى لهبوط متخنى المياه الأرضية عند منتصف المسافة

بين خطوط الحقلية قدم/يوم.

r_0 = نصف قطر الحقلية بالقدم.

وقام نيل بتحويل هذه العلاقات الى نوموجرام كما موضح فى شكل (٢) يستعان به

ليجاد المسافة بين الحقلية بمعرفة عمق الصرف وخواص التربة.



شكل رقم (٢) نوموجرام نيل

ويتقدم الأبحاث أدخلت عوامل أخرى في معادلات حساب المسافة بين الحفليات أهمها معامل التوصيل الهيدروليكي وتذبذب مستوى المياه الأرضية، ونوع المحصول، وعمق الطبقة الصماء، وعمق المصببات وحدود الخنادق التي ترص فيها الحفليات. ولكن مازال هناك اعتماد كبير على الخبرة العملية، والتفهم لحقيقة ومدى احتياج مختلف المناطق للمصرف المغطى.

وقد قسمت معادلات حساب المسافة بين المصارف الى قسمين رئيسيين طبقاً

لنوع التدفق الى:

أولاً : معادلات التدفق المنتظم Steady flow equations

ثانياً : معادلات التدفق غير المنتظم non Steady flow equations

معادلات التدفق المنتظم Steady flow equation

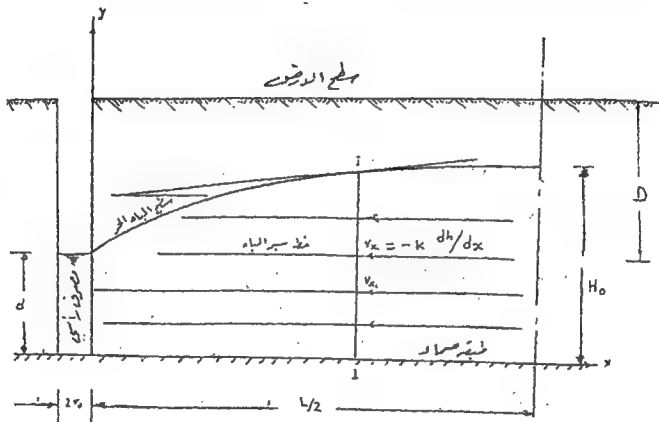
مقدمة :

عندما يكون مقدار التدفق ثابتاً مع الزمن وخطوط سريانه والضغوط المؤثرة عليه لايعتريها تغير بمضى الزمن يسمى تدفقاً منتظماً وهناك إفتراضان للتدفق المنتظم للمياه نحو المصارف كما يلي :

أ - حركة المياه نحو المصارف أفقية Horizontal flow

بنى هذا النوع من التدفق على فروض ديورى والتي تنص على انه فى حالة سير المياه تحت تأثير الجاذبية الأرضية نحو مصرف رأسى غير عميق فإن جميع خطوط سريان المياه نحو المصرف تكون أفقية. وأن سرعة المياه فى أى قطاع رأسى تكون متساوية، وتتاسب مع الميل الهيدروليكي Hydraulic gradient أى ان حركة المياه نحو المصارف أفقية ويمكن استخدام هذا الفرض اذا كانت الطبقة الصماء قريبه من سطح الأرض، وقد أمكن استنباط معادلات لشكل منحنى الماء الأرضى بين المصارف على أساس هذا الفرض فكان على هيئة قطع ناقص كما فى (شكل ٣).

البحر المالح



نموذج رياضي - (٢٣١) فروض رياضية ومعادلات تصف أوتة الأولى

ب - حركة المياه نحو المصارف نصف قطرية Radial flow

يعتمد هذا الفرض على التشابه بين حركة المياه نحو الآبار الرأسية وبين مواسير الحقلية الأفقية إذ من الممكن تصور خطوط الحقلية كأبار أفقية، تدخل المياه إليها من كل جانب في اتجاهات اشعاعية نحو المركز. حيث ان خطوط تساوى الضغوط تكون على هيئة دوائر متحدة المركز هو مركز البئر. وبالتالي فإن الميل الهيدروليكي عند أى نقطة تقع على بعد (r) من مركز البئر تساوى $d\phi/d_r$ فى إتجاه البئر. ويمكن استخدام هذا الفرض فقط اذا كانت الطبقة الصماء على أعماق كبيرة جدا من سطح الأرض فتتحرف خطوط التدفق الأفقية عندما تقترب من المصارف.

معادلات التدفق المنتظم

أولا : معادلة هوخ وات الأولى :

يمثل الشكل (1) قطاع فى تربة متجانسة تطلو طبقة صماء. وتصرف فى مصارف مكشوفة متوازية جوانبها رأسية وقاعها يرتكز على الطبقة الصماء فيفرض أن مياه الأمطار منتظمة الهطول، فإن التخلص منها يكون عن طريق المصارف يكون بصورة منتظمة أيضا، ويكون q_x هو معدل التصريف الذى يمر عبر أى مستوى رأسى 1-1 يبعد X عن المصريف.

إذا فرض أن Q - التصريف الكلى للمصرف لكل وحدة طول

$$L = \text{البعد بين المصارف}$$

$$q_x = \frac{L/2 - X}{L/2} \cdot \frac{Q}{2} \quad \text{فان (1)}$$

وطبقا لفروض ديويى.

$$V_x = -K dy/dx$$

فإن

$$\begin{aligned} \text{i. e. } q_x &= -y V_x \\ &= y K dy/dx \end{aligned}$$

التدفق الغير منتظم

Nonsteady State flow

مقدمة :

نظراً لأن سطح المياه الحر ينخفض تكريجياً مع الوقت نتيجة حركة المياه نحو المصارف، ثم يرتفع بعد ذلك نتيجة للرى أو سقوط الأمطار فإن التدفق الغير منتظم هو الأكثر احتمالاً فى الطبيعة.

أى أنه على أساس العلاقة بين الزمن وهبوط مستوى المياه الأرضيه وكمية المياه المراد تصريفها فى الحقلية يمكن حساب المسافه بين الحقلية "L" مع افتراض شكل أساسى لمستوى المياه الأرضية يبدأ منه الحل ليصل بنا الى الشكل النهائى لذلك المستوى من أجل ذلك أجريت بحوث معمليه وحقلية والغرض منها تحقيق نتائج الحلول النظرية ودراسة الشكل الأساسى أو المبدئى والشكل النهائى لمستوى المياه الأرضية. كما أجريت بحوث رياضية اعتمدت على تطبيق نظرية ديبوى - فورشيمر Depuit-Forchheimer وقانون دارسى. كما اعتمدت حلول رياضية أخرى على تطبيق نظريات التدفق نصف القطرى غير المنتظم وكذلك على نظريات وفروض فيزيائية جديدة وعلى نظرية الجهد Potential theory أو على نظريات التدفق المنتظم

معادلات التدفق الغير منتظم :

١- جلوفر: Glover's equation

١. اعتمد جلوفر فى استنباط معادلاته على نظرية التدفق الأفقى لديبوى، وكذا معادلات سريان الحرارة، ووضع جلوفر سبعة فروض لحل معادلاته وهى كالآتى:
١. أن قطاع التربة متجانس، ينتهى بطبقة صماء أو بطبقة التفاضلية.
٢. اعتبر أن معامل التفاضلية هو معامل التفاضلية المتوسطة لطبقات قطاع التربة فوق الطبقة الصماء.

٣. أن حركة المياه في قطاع التربة تتناسب مع التدرج الهيدروليكي وسمك الطبقة المتسببة (أى بين سطح المياه الأرضية والطبقة الصماء).

٤. أن يتم الري على فترات منتظمة.

٥. أعتبر أن كمية المياه الزائدة المطلوب التخلص منها هي الفرق بين مياه الري وكمية الرطوبة المفروضة الاحتفاظ بها.

٦. التخلص من المياه الزائدة يكون في فترة بين الريات حتى يمكن ضمان بقاء سطح المياه الأرضية تحت منطقة جذور النبات ولا يمكن اعداد فراغات بالتربة كافية لاستقبال المياه أثناء الريه التالي لتملأ هذه الفراغات.

٧. افترض أن مستوى المياه الأرضية الأساسي أفقى يهبط فجأة رأسياً الى الحلقات وقد استنتج جلوفر معادلته من معادلة سريان الحراره.

$$\frac{dy}{d\chi} = \frac{KD}{f} \frac{\delta^2 y}{\delta \chi^2}$$

وقد قام جلوفر بحل المعادلة بوضعها في صورة مسلسلة جيبية Sine Series على الصورة الآتية :

$$Y = (4 H_0 / \pi) \sum_{h=1}^{\infty} e^{-(KD n^2 \pi^2 t / FL^2)} \frac{\sin \pi \frac{x}{L}}{L} \quad (1)$$

حيث (n) أعداد فردية.

وبالاكتفاء بالحد الأول لأن الخطأ الكلى لن يتعدى 1%، ووضع

$$Y = H_t = \frac{L}{2}$$

$$\therefore H_t = (4 H_0 / \pi) e^{-(KD \pi^2 t / FL^2)} \quad (2)$$

$$\therefore L = \pi \frac{KD}{f \log_e \frac{4 H_0}{\pi H_t}} \quad (3)$$

أما إذا أرتكزت المصارف على الطبقة الصماء مباشرة فتزول المعادلة الى:

$$L = qK H_o t/2 f \left(\frac{H_o}{H_i} - 1 \right) \quad (4)$$

حيث H_o, H_i = بعد مستوى المياه الأرضية عن خط المواسير مقاسه في منتصف

البعد بين الخطوط عند زمن قدرة صفر، t على التوالي

F = المسامية الفعلية

D = السمك المتوسط للطبقة المختزنه للمياه $\frac{H_o}{2} + d$

d = بعد الطبقة الصماء أسفل محور خط المواسير

وقد لاحظ ضم Dumm أن هناك انحرافا في المعادلة (٢) عندما " t " = صفر حيث أن

تساوى صفر. حيث أن $H_o 1.27$ لا تساوى $\frac{4H_o}{\pi}$ لا تساوى H_i

كما ذكر تاب ومودى Tapp & Moody وكذا شيلفجارد ١٩٦٥ أن

معادلة (٣) يمكن أن تعطى نتائج مرضية إذا ما استبدل الرقم (٤) الوارد في مقام الطرف الأيمن للمعادلة بالرقم (٣.٧).

كما اقترح كمبر Kemper ضرورة إضافة حد جديد للمعادلة حتى

تقرب النتائج من مثيلاتها العملية فأصبحت معادلة جلوفر كما يلي :

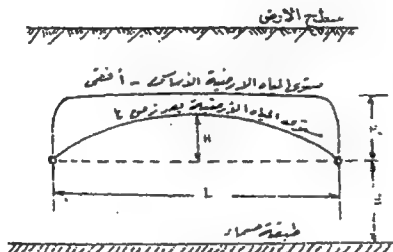
$$K_i/f = (1.3 e^{2.3 d/L}) (L^{2/3} \pi^{2/3} D) \log_e (4 H_o / \pi H_i) \quad (5)$$

ومعنى هذا أن المقدار K_i/f قد زاد مما يعنى أن " t " قد زادت أيضا أى أن

معدل التصرف أصبح أكثر بطئا. الأمر الذى يعطى مساقبه بينية، أقل مما تعطى معادلة جلوفر الأصلية.

وأفترض جلوفر لسطح المياه الأساسى خطأ مستقيماً إفتراض غير منطقى

لأنه يحدث فقط عندما تكون مواسير الصرف مقللة.



معادلات

بيلوفس

بيلفارد

$$L = \pi \left[\frac{k D_0 r}{2 L \left(\frac{d}{H} + \frac{H_0}{H} \right)} \right]^{1/2}$$

$$L = 3A \left[\frac{k(d+H)(d+H_0)r}{2f(H_0-H)} \right]^{1/2}$$

$$D_0 = d + \frac{H_0}{2}$$

مبت

$$A = \left[1 - \left(\frac{d}{d+H_0} \right)^2 \right]^{1/2}$$

مبت

في حالة انكاز الصخر على الطبقة الصخرية
يستخدم بيلفارد باستعمال معادلة بيلوفس
فقط في هذه الحالة

$$L = \left[\frac{9KHr}{2f \left(\frac{H_0}{H} + 1 \right)} \right]^{1/2}$$

ومن ذلك أوجد شلفجارد معادلته الآتية :

$$L = 3A \frac{K (d+H_1) (d+H_0) t^{1/2}}{2 f (H_0 - H_1)} \quad (٦)$$

$$A = \left[1 - \left(\frac{d}{d + H_0} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \text{حيث}$$

K = معامل التفافية.

d = بعد الطبقة الصماء أسفل محور الحقلية.

H_0 = الضاغط عند منتصف البعد بين الحقلية في البدء

H_1 = الضاغط بعد زمن قدرة t

f = المسامية الفعلية.

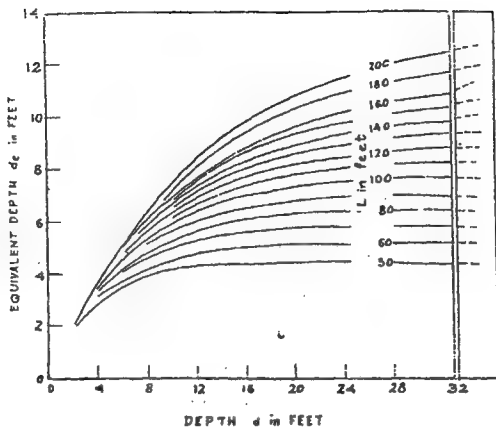
وتسهيلاً لحساب المعامل A ، أعد شلفجارد منحني خاص "غير انه لكى تشمل معادلته رقم (٦) أثر اقتراب خطوط التدفق نحو المصارف. فقد رأى ان يستبدل العمق d بالعمق المكافئ d_e "لهوخ أوت". ولذا جهز منحني خاص للمواسير قطر ϕ بوصة لمسافات مختلفة بين الحقلية لتعيين العمق المكافئ d_e .

معادلة لوثن Luthin

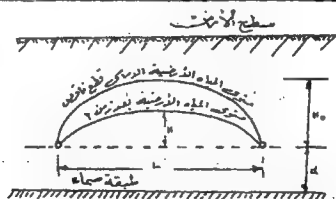
على أساس دراسات التدفق المنتظم، توصل لوثن الى معادلة لحساب المسافة بين الحقلية في حالة التدفق الغير منتظم فافترض أن معدل التدفق في المصرف يتناسب خطياً مع بعد مستوى المياه الأرضية عن خط المواسير المقاسه في منتصف المسافة بين الحقلية. أما مستوى المياه الأرضية بين الحقلية فقد اعتبره لوثن على هيئة قطع ناقص. وقد أدت هذه الفروض الى معادلته الآتية:

$$L = \frac{4 C K t}{f \log_e (H_0/H_1)} \quad (٧)$$

حيث t = الزمن الذي استغرقته حركة مستوى المياه الأرضية من H_0 الى H_1



استنتاج العتق المكافئ
(انظر معادلاته في المرفقات)



معادلاته ليعوض

إذا فرضنا أن استوى الدعامتين للبريد
لنقطع ناقص فإذن

$$L = \frac{4cK\Gamma}{fL_n \frac{H}{d}}$$

حيث $c = \frac{KH}{L}$ و $q =$ معطى افتراض دائرة الطول من المرفقات

معادلة Dumm's equation

اعتمد ضم في حله على فروض ديوي ومعادلة سريان الحرارة.
كما افترض أن شكل المستوى المبني للمياه الأرضية هو قطع مكافئ من الدرجة الرابعة معادلته هي:

$$Y = 8 H_0 \left(\frac{L}{x} - \frac{L_2}{3x^2} + \frac{L_3}{4x^3} - \frac{L_4}{2x^4} \right) \quad (٨)$$

ومن هذه الفروض أخذت معادلة Dumm الصيغة الرياضية الآتية:

$$\frac{H_1}{H_0} = \frac{192}{\pi^3} \sum_{n=1.3.5}^{\infty} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \left(\frac{n^2 - (8/\pi^2)}{n^5} \right) e^{-\frac{\pi^2 n^2 K d_0 t}{f L^2}} \quad (٩)$$

حيث n = أرقام فردية (٥, ٣, ١)

حيث Da = متوسط عمق الطبقة المثبتة.

وإذا أخذت n تساوى ١ فإن المعادلة (٩) تحول الى :

$$\frac{H_1}{H_0} = 1.16 e^{-\pi^2 K D_0 t / f L^2} \quad (٩)$$

والتي يمكن أن تأخذ الصورة

$$L = \left[\frac{10 K D_0 t}{f \log_e \left(\frac{1.16 H_0}{H_1} \right)} \right]^{1/2} \quad (١٠)$$

وقد قام Dumm بعمل المنحنى (شكل ١) عن العلاقة بين

$$(K D_0 / f L^2) , H_1 / H_0$$

بالتعويض في الحد $\frac{H_1}{H_0}$ يمكن تعيين البعد بين الحثليات من هذا المنحنى.

ولكن بقي تحديد D_0 فهو في الأصل يساوى $(d + H_0/2)$ ومعادلة Dumm

تحتاج الى تصحيح يغطي أثر تقارب خطوط الحركة نحو الحثلي. وقد ذكر بيرز

Beers ١٩٦٥ انه من الأفضل عند $Da < \frac{1}{4} L$ أن نأخذ.

$$D_0 = d + (H_0 + H_1) / 4$$

ولكن غالباً ماتوكخذ D_0 مساوية للعمق المكافئ لهوخ أوت (d_0) هذا ويلاحظ انه بالمعادلة (٩) انحراف آخر عند $t = 0$ لأن H_1 لاتساوى H_0 ولكن الخطأ هنا أقل نسبياً من خطأ المعادلة (٢) لأن $1.16 < 1.27$ وتعطي معادلة ضم نتائج مرضية طالما كانت $H_1 / H_0 < 0.8$

معادلة حماد:

قدم حماد (١٩٦٢) معادلاته لتعيين L , H_1 , q_t تحت ظروف التدفق الغير منتظم. فافترض أن مستوى المياه الأرضية المبدئى هو أساس أفقى، ولكنه يميل نحو الانخفاض حول سمت الحقلية كالمبين (بالشكل ٢).

وبفرض أن هذا المستوى يأخذ فى الهبوط التدريجى طبقاً للعلاقة

$$q = -f dh / dt$$

حتى يصل الى حالة الأتزان قبيل الريه التاليه. وقد أمكن حماد أن يربط بين الضاغط H_1 عند زمن معين t ، ومستوى المياه الأساسى (H_0). وفرق فى ذلك بين حالتين :

الأولى : إذا كانت النسبة d/L صغيره أى اقل من $\frac{1}{4}$ H_0 فإن :

$$H_t = H_0 e^{-\alpha t} \quad (١١)$$

$$q_t = \alpha f H_0 e^{-\alpha t}$$

$$B_t = q_0 e^{-\alpha t} \quad (١٢)$$

الثانية: إذا كانت النسبة d/L كبيرة أى اكبر من $\frac{1}{4}$ H_0 فإن :

$$H_t = H_0 e^{-\beta t} \quad (١٣)$$

$$q_t = \beta t H_0 e^{-\beta t}$$

$$q_t = q_0 e^{-\beta t} \quad (١٤)$$

حيث :

$$\alpha = \frac{2 \pi K}{f L \log_e \left(\frac{L^2}{\pi^2 d \cdot 2 r_0} \right)}$$

$$\beta = \frac{2 \pi K}{f L \log_e \left(\frac{L}{\pi r_0} \right)}$$

وعلى يمكن أن تؤخذ معادلتاه الصورتين الآتيتين:

الحالة الأولى :

$$L = \frac{2 \pi K t}{f \log_e (H_0/H_1) \log_e L^2 / \pi^2 d.2 r_0} \quad (15)$$

والحالة الثانية:

$$L = \frac{2 \pi K t}{f \log_e (H_0/H_1) \log_e L^2 / \pi r_0} \quad (16)$$

حيث t = الزمن بين ريتين متتاليتين

d = عمق الطبقة الصماء تحت خط المصارف

r_0 = نصف قطر مواسير الصرف

H_0 = البعد بين المصارف وقمة المستوى المبدأ للمياه الأرضية

في منتصف المسافة بين الحقلات.

H_1 = البعد بين المصارف وقمة مستوى المياه الأرضية في منتصف

المسافة بين خطوط المواسير عند زمن قدره t^*

f = المسامية الفعلية

q_0, q_1 = تصرفات وحدة المساحة في البدء وعند زمن t^* على التوالي

هذا ويمكن تقدير تصرف المبر الطولى من الحقلات من المعادلتين

(١٤، ١٢) فيالنسبة للحالة الأولى أى عندما تكون الطبقة السطحية من التربة غير

سميكة ، أقل من $\frac{d}{1}$ ، فإنه يؤخذ من المعادلة (١٢) أن:

$$q_0 = \alpha f H_0$$

وعلى ذلك يكون أقصى تصرف لكل متر طولى من الحقلات هو:

$$Q = \frac{2 \pi K H_0}{\log_e \left(\frac{L^2}{\pi^2 d.2 r_0} \right)}$$

وبالنسبة للحالة الثانية أى عندما تكون الطبقة السطحية من التربة سميكة،
 $\frac{d}{L}$ أكبر من 1/4 فإنه يؤخذ من المعادلة (14) أن

$$q_0 = \beta f H_0$$

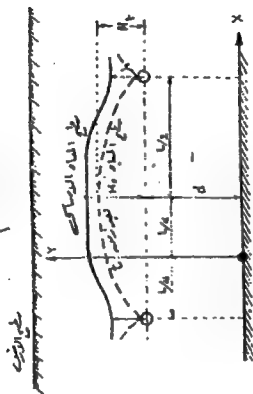
وعلى ذلك يكون أقصى تصرف لكل متر طولى من الحفليات هو :

$$Q = \frac{2 \pi K H_0}{\log_e \left(\frac{L}{\pi r_0} \right)} \quad (18)$$

ويمكن بعد ذلك حساب قدرة الموانير لاستيعاب هذا التصريف المتوقع من
 المعادلات المعروفة لمانتج Manning أو فيسر Visser

فإذا قدر نصف قطر الماسورة (r_0) فإنه يمكن حساب البعد (L) من
 المعادلتين (15 أو 16) حسب ما يقتضيه الحال.

معادلات حصار للزمن غير المتناهي



for $d/L > 1/3$

$$L = \frac{2\pi K \epsilon}{\epsilon L_0 \left(\frac{L}{L_0} \right)^{1/2} \frac{L}{\pi}}$$

for $d/L < 1/3$

$$L = \frac{2\pi K \epsilon}{\epsilon L_0 \left(\frac{L}{L_0} \right)^{1/2} \frac{L}{\pi}}$$

معادلة عامر :

استنبط عامر معادلته على أساس من دراسات التدفق المنتظم في الأرض المتجانسة واستعان بمعادلة كيركهام لإيجاد منحنى مستوى المياه الأرضية عند هطول الأمطار أو الري.

$$H_0 = \frac{QL}{K(1-Q/K)} F(\chi) \quad \text{أى}$$

$$Q = \frac{H_0 K}{L F(\chi) + H_0} \quad (19)$$

ثم أعتبر حالة وقوف المطر أو مياه الري فجاء، فافترض أن هبوط المياه بين المصرفين سيكون بالمعدل الآتى:

$$\frac{dh}{dt} = - \frac{q}{f}$$

وهو نفس ما افترضه شيلجارد وحمام.

وبالتعويض في المعادلة السابقة بما يساويه Q

$$\frac{dh}{dt} = - \frac{K}{f} \cdot \frac{H_0}{L F(\chi) + H_0} \quad (20)$$

أى:

$$\left[\frac{L F(\chi)}{h} + 1 \right] dh = - \frac{K}{f} dt$$

وبتكامل المعادلة السابقة ينتج:

$$\therefore L F(\chi) \log_e h + h = - K t/f + C \quad (21)$$

ويمكن تحديد ثابت التكامل (C) بأنه عند $\chi = L/2$, $t = 0$ فإن $h = H_0$

$$C = H_0 + L F(L/2) \log_e H_0$$

∴ وبالرجوع لدالة كيركهام نجد أن :

$$F(\chi) = \frac{1}{\pi} \left\{ \log_e \frac{8 \ln(\pi \chi / L)}{(\pi / L)} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left[\cos(2m\pi\chi/L) - \cos(2m\pi\chi/L) \right] \left[\coth \frac{2m\pi d}{L} - 1 \right] \right\}$$

$$\therefore F(L/2) = \frac{1}{\pi} \left\{ \left[\log_e \frac{L}{\pi r} + \frac{1}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \left[\cos(2m\pi/L) - \cos(m\pi) \right] \left[\coth(2m\pi d/L) - 1 \right] \right] \right\}$$

وبالتعويض في المعادلة (٢١) بما تساويه $F(L/2)$, C نؤول المعادلة الى مايلي:
اذا كانت النسبة $\frac{d}{L}$ صغيره أى تقترب من الصفر فإن :

$$L = \frac{(Kt/f) - (H_0 - H_1)}{F(L/2) \log_e (H_0/H_1)} \quad (22)$$

ومن الممكن اهمال المقدار $(H_0 - H_1)$ لصغره فتأخذ المعادلة الصورة التالية:

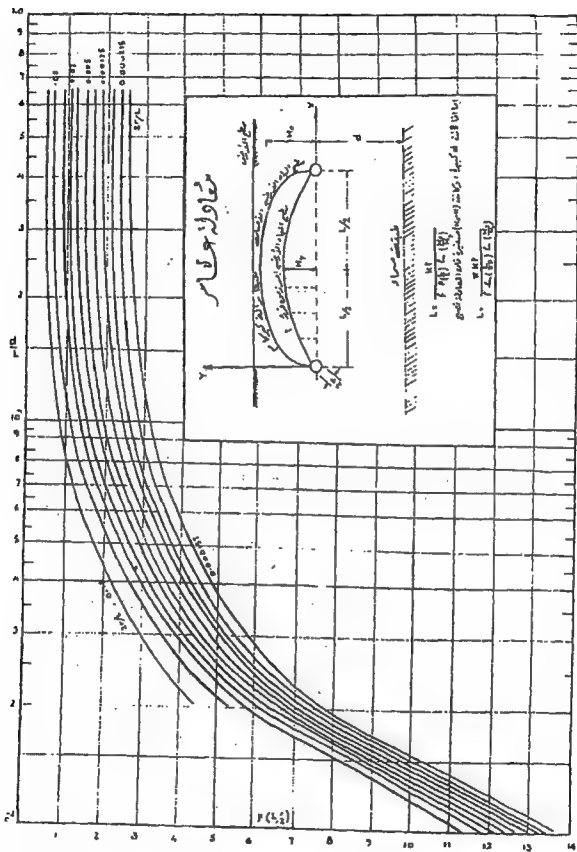
$$L = \frac{Kt/f}{F(L/2) \log_e (H_0/H_1)} \quad (23)$$

أما اذا كانت النسبة d/L كبيرة أى تقترب من ∞ فإن :

$$L = \frac{Kt/f}{1/\pi \left[\log_e (L/\pi r_0) \right] \log_e (H_0/H_1)} \quad (24)$$

ولحساب الدالة $f\left(\frac{L}{2}\right)$ ، أخذ عامر عن كيركهام وتوكسوز (١٩٦١) Tokaoz & Kirkham

جداول دالتهما $F\left(\frac{2r}{L}, \frac{d}{L}\right)$ لقيم متباينه للمقدار $\frac{d}{L}$ تتراوح بين صفر ∞ وقيم أخرى للمقدار $\frac{2r}{L}$ تتراوح من ٠,٠٠٠١٥٧ الى ٠,١٦٠ أى من $\frac{1}{6400}$ الى $\frac{1}{6035}$ على اعتبار أن $\frac{L}{2}$ فى المعادلات (٢٤،٢٣،٢٢) هى نفسها الداله $F\left(\frac{2r}{L}, \frac{d}{L}\right)$ فى دراسات كيركهام وتوكسوز. وقد مثلت هذه الدالات على منحنى شكل (٣) لإمكان الحصول على نقط بيئية.



الباب الخامس

الصرف الرأسى باستخدام الآبار

مقدمه

يستخدم الصرف الرأسى تحت ظروف هيدروجيولوجية معينة حيث يجب أن تكون طبقات الأرض السقليه ذات نفاذية عالية حتى يمكن استخدام الصرف الرأسى بكفاءة عالية كما يجب توافر مصدر رخيص للطاقة لتشغيل الطلمبات ويمكن إعادة استخدام المياه التحت سطحية إذا كانت جيدة للررى مره اخرى حيث تعتبر كميات المياه المرفوعه بالطلمبات إذا كان استخدامها مره أخرى فى الررى وفترة ادارة هذه الطلمبات من اهم العوامل التى تؤثر على اقتصاديات استعمال الصرف الرأسى بالآبار. وتتميز طرق الصرف الرأسى عن الصرف الأفقى بقله تكاليف الإنشاء وقله تكاليف الصيانة وكذلك قدرته على خفض مستوى الماء الأرضى الى أعماق أكبر كما أن الصرف الرأسى يقلل من الضغط الارتيزى فى هذه الطبقات. وقد ينقل الماء الخارج من الآبار فى أنابيب مما يوفر تكاليف حفر مصارف رئيسية عميقة أما عيوب الصرف الرأسى فتتضمن فى علو تكلفة الإدارة لاستخدام الطاقة فى رفع المياه ويحتاج تطبيقها الى مساحات كبيره جداً ولا تستخدم لصرف مساحات صغيرة.

والآبار الأكثر شيوعاً هى عبارة عن مؤاسير حديدية ذات تقوب على جزء من طولها تدق فى الأرض وتغلف من الخارج بفلتر من الزلط أو الرمل ويجب الا تحفر الآبار بجوار قنوات الررى حتى لايزداد مقدار الرشح من القنوات وقد يلزم إنشاء مجموعة من الآبار موزعة توزيعاً دقيقاً فى حالة استخدام هذه الطريقة لصرف مساحات كبيرة. وتتوقف قدرة البئر على الاحتفاظ بعمق مناسب لمنسوب المياه الأرضية على تصميم البئر من حيث العمق والقطر وطول المساقى وتصميم ووضع الفلتر الزلطى حول البئر.

ويعتبر استخدام الآبار الجوفية من الطرق الفعالة للصرف الرأسى وقد تكون فى بعض الحالات الوسيلة الوحيدة خاصة فى حالة وجود طبقات صماء قريبة من السطح تمنع الصرف السطحي وتحت السطحي أو الحالة التى تزيد فيها ملوحة التربة.

الاعتبارات الخاصة بتصميم آبار الصرف:

من أهم هذه الاعتبارات: (١) ضرورة إجراء دراسات أولية لتقدير عمق الطبقات الحاملة للمياه وخواصها، حيث هذه الدراسات هى أسس اختيار أبعاد الآبار وعددها وتقدير كمية المياه التى يمكن الحصول عليها باستخدام الآبار. (٢) إجراء بعض التجارب على آبار تجريبية داخل منطقة الدراسة بهدف تقدير درجة تأثير بئر واحد - بعيداً عن تأثير الآبار المجاورة - على مناسيب المياه الجوفية والسطحية. (٣) رصد التغيرات الموسمية فى منسوب المياه السطحية والتأثير المحلى لكل رية عليها. (٤) تقدير الفترات التى يلزم فيها استخدام الطلمبات.

وهناك بعض الافتراضات عند تصميم مجموعات آبار الصرف منها أن يكون عمق المياه داخل جميع الآبار واحداً. وتوحيد أقطار هذه الآبار واعماقها حتى يعزى التغير فى إنتاج الآبار كلية الى عددها وأبعادها فقط. كما يفترض أيضاً أن تكون الأبار ذات أقطار صغيرة وموزعة على مساحة صغيرة بالنسبة للمساحة الكلية للخران الجوفى الذى يغذى منطقة الآبار كوسيلة لتحقيق افتراض وجود خزان جوفى يمتد الى الماتية. ومن أهم المعايير التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند تصميم مجموعات الآبار هى:

٢. أقل عمق لمنسوب المياه الجوفية ينبغي الاحتفاظ به خلال موسم نمو النبات.
٢. المدة اللازمة لهبوط منسوب المياه الجوفية الى العمق المطلوب.
٣. المدة التى يظل خلالها منسوب المياه الجوفية أعلا من الحد الأدنى للعمق المحدد للصرف.

جدول (١) قيمة الدالة $F\left(\frac{L}{2}\right)$ (لقيم مختلفة من النسب $\frac{2r}{L}$, $\frac{d}{L}$ في معادلة عامر

(عن كيركهام وتوكسوز)

$2r0/L$						$\frac{d}{L}$
٤٠٠/١	٨٠٠/١	١٦٠٠/١	٣٢٠٠/١	٦٤٠٠/١	صفر	
٠,٠٢٥	٠,٠٠٠١٢٥	٠,٠٠٠٦٢٥	٠,٠٠٠٣١٢	٠,٠٠٠١٥٧		
١٢,٧٩	١٢,٠٢	١٢,٢٧	١٢,٤٧	١٢,٦٧		٠,٠١
٦,٧٦١	٦,٨٨٦	٧,٢٠٩	٧,٤٢٨	٧,٦٣٧		٠,٠٢
٣,٨٦٤	٤,٠٨٦	٤,٢٠٨	٤,٥٣٤	٤,٧٦٢		٠,٠٤
٢,٥٢٢	٢,٧٤٤	٢,٩٦٤	٣,١٨٦	٣,٤٠٢		٠,٠٨
١,٩٦١	٢,١٨٥	٢,٤٠٤	٢,٦٢٨	٢,٨٣٩		٠,١٦
١,٧٨٦	٢,٠٠٧	٢,٢٢٦	٢,٤٥٣	٢,٦٦٢		٠,٣٢
١,٧٦٣	١,٩٨٦	٢,٢٠٧	٢,٤٣٢	٢,٦٥٤		٠,٦٤
١,٧٦٣	١,٩٨٦	٢,٢٠٧	٢,٤٣٢	٢,٦٥٤		١,٢٨
١,٧٦٣	١,٩٧٦	٢,٢٠٧	٢,٤٣٢	٢,٦٥٤		∞
٦,٢٥/١	١٢,٥/١	٢٥/١	٥٠/١	١٠٠/١	٢٠٠/١	$\frac{d}{L}$
٠,١٦	٠,٠٨	٠,٠٤	٠,٠٢	٠,٠١	٠,٠٠٥	صفر
		١١,٥٢	١٧,٠٣	١٢,٣٣	١٢,٥٧	٠,٠١
٤,٤٠٥٢	٥,٢٨٨	٥,٧٧١	٦,٠٧٧	٦,٣١٨	٦,٥٤٢	٠,٠٢
٢,٢٠٢٥	٢,٦٥٨	٢,٩٥٤	٣,١٩٥	٣,٤٢١	٣,٦٤٣	٠,٠٤
١,١١٣١	١,٢٩٥٨	١,٦٣٣	١,٨٥٨	٢,٠٨٠	٢,٣٠١	٠,٠٨
٠,٦٢٦١	٠,٨٥٤٢	١,٠٧٧	١,٢٢٩	١,٥٢٠	١,٧٤١	٠,١٦
٠,٤٦١٤	٠,٦٨٣١	٠,٩٠٤	١,١٢٠	١,٣٤٥	١,٥٦٦	٠,٣٢
٠,٤٤٠٠	٠,٦٦٠٢	٠,٨٨١١	١,١٠٢	١,٣٢٣	١,٥٤٣	٠,٦٤
٠,٤٣٩٦	٠,٦٦٠٢	٠,٨٨٠٨	١,١٠١	١,٣٢٢	١,٥٤٣	١,٢٨
٠,٤٣٩٦	٠,٦٦٠٢	٠,٨٨٠٨	١,١٠١	١,٣٢٢	١,٥٤٣	∞

٤. عدد وأبعاد وترتيب مجموعات الآبار.

٥. عمق البئر وقطره.

٦. خواص الطبقة الحاملة للمياه الجوفية وأبعادها.

وتتسم نظريات آبار الصرف الى قسمين أحدهما للتدفق المنتظم والثاني

الغير منتظم Steady and Nonsteady state Conditions.

حالات التدفق المنتظم Steady State Conditions

أن جميع الحلول النظرية لمجموعات الآبار لحالات التدفق المنتظم مبنية

على أن الضغوط موزعة توزيعاً لوغاريتمياً حول البئر أى يتبع المقدار الآتى:

$$\frac{Q}{2 \pi K} \log_e r \quad (١)$$

وبإضافة عدد من هذه المقادير مساوياً لعدد الآبار (n) فيمكن إستنتاج

معادلة تمثل توزيع الضغوط حول هذا العدد.

وكذا أستنتج موسكات Muskat المعادلات الآتية بفرض أن:

١. عمق الماء داخل البئر h_j

٢. نصف قطر البئر r_j

٣. سمك الطبقات المشبعة من الخزان الجوفى على محيط دائرة تأثير مجموعة من

الآبار نصف قطرها R هو h_e

$$h_j = C + \frac{Q_j}{2 \pi K_m} \log_e r_j + \frac{1}{2 \pi K_m} \sum Q_i \log_e L_{ij} \quad (٢)$$

$$h_e = C + \frac{1}{2 \pi K_m} \sum Q_j \log_e R \quad (٣)$$

حيث

C = ثابت يمكن إختياره بحيث تأخذ الضغوط حول دائرة تأثير مجموعة الآبار قيمة معينة.

K = معامل نفاذية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية

m = سمك الخزان الجوفى

Q_i = تصرف كل بئر

L_{ij} = المسافة عن كل بئر

والمعادلتان ٣،٢ هى معادلات رئيسية يمكن عن طريقها حساب تصرف البئر اذا كانت h_0 معلومة. وقد أستنتج موسكات Muskat من هذه المعادلات الرئيسية معادلات اخرى لحساب مقدار الهبوط الناشئ من إدارة مجموعات من الآبار فى تشكيلات عدة منها بئران وثلاثة وأربعة آبار على أركان مربع وآبار على خط مستقيم وخطان وعدة تشكيلات أخرى. ويمكن الوصول الى هذه الحلول بطريقة أسرع وذلك بإستخدام الحلول البيانية السابق ذكرها. ويعتمد على هذه الحلول فى الدراسات المبدئية التى تستخدم نتائجها فى المعادلات المبنية على حالات التدفق الغير منتظم والتى تؤخذ فيها الآبار جميعها كوحدة واحدة.

Nonsteady State Conditions حالات التدفق الغير منتظم

إذا ما استخدمت هذه الحلول فإنه من الضروري أن يحدد أقل عمق يجب أن تصل اليه المياه الأرضية أثناء عملية الصرف ومدة إدارة الطلمبات حتى تصل الى ذلك العمق. وهذا يتوقف على العوامل الآتية:

١. نوع الزراعات وطبيعة تكوينها الجبرى.
٢. نوع طبقة التربة السطحية وعلاقة المياه السطحية بالمياه الجوفية العميقة.
٣. درجة ملوحة التربة ومدى حاجتها الى عمليات الغسيل.
٤. نوع مناوبات الري.

هذا وقد أستخدم أبو زيد نظريات سريان المياه الجوفية في حالات التدفق غير المنتظم في إستنباط عدة معادلات لمجموعات آبار الصرف في تشكيلات مختلفة. ويمكن بواسطة هذه المعادلات حساب عدد الآبار اللازمه وأبعادها للوصول الى عمق صرف معين.

وتتلخص خطوات تصميم مجموعات آبار الصرف الرأسى فيما يأتى:

١. تصميم الابار المفردة (حساب القطر والعمق وطول المساقى وتكوين الغلاف الزلطى).

٢. تصميم مجموعات الآبار ويمكن أن يبدأ هذا للتصميم بمجموعات قليلة في أشكال هندسية بسيطة كالمثلثات او المربعات مع ملاحظة أن يسمح بمقدار معين من التداخل بين دوائر تأثير الآبار فى كل مجموعة تتناسب مع مقدار التخفيض المطلوب فى مستوى المياه الأرضية فى المواقع المراد صرفه.

٣. تؤخذ المجموعة كلها كوحدة واحدة ويغاد تصميمها فتحصل على المدد النهائى للآبار وأبعادها وطريقة توزيعها.

ويجدير بالذكر أن الأساس فى حساب معادلات الآبار فى حالات التدفق الغير منتظم هى معادلة Theis للبئر الواحد وهى فى حالتها العامة كالآتى:

$$h = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \quad (1)$$

حيث h = مقدار الانخفاض فى مستوى الماء الأرضى؛

T = معامل التوصيل لكامل عمق الطبقات الخاملة.

Transmissibility Coefficient

$$W(u) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (2)$$

$$u = \frac{r^2 s}{4 T_1} \quad (3)$$

حيث

S = معامل التخزين Storage Coefficient

t = الوقت من بدء التشغيل

r = المسافة من البئر

ويمكن كتابة المعادلة رقم (٤) في صورة تقريبية مختصرة كالآتي:

$$h = \frac{Q}{4 \pi T} [-0.57 - \log_e u] \quad (٧)$$

ومن العوامل التي تؤثر على إقتصاديات الصرف الرأسي مايلي:

١. اختيار الطلماب التي تفي بحاجات التخفيض المطلوب. ويجب مراعاة العلاقة

بين حجم الطلمبة وعدد الطلمبات في منطقة الدراسة.

٢. تكاليف إنشاء الآبار.

٣. تحديد مدة إدارة الطلمبات وتكاليف الإدارة.

٤. طريقة سداد تكاليف الإنشاء مع اعتبار الصيانة والتأمين واستغلال الطلمبات.

٥. احتمال استعمال المياه المرفوعة في الري مباشرة أو إضافتها الى مياه الري

السطحية أو مياه المصارف وحساب مقدار الفائدة التي تعود من استعمال هذه

المياه.

المصارف الفراغية (moles)

المصارف الفراغية عبارة عن ممرات أو قنوات غير مبطنه يتم حفرها تحت سطح التربة بـجهاز يشبه محراث تحت التربة موصلنى آخره جهاز أسطوانى على شكل القذيفة طوله ٢٠-٣٠ سم وقطره (٨-٥ سم). وعادة يتصل هذا الجزء بجزء آخر أكبر قليلاً فى القطر ويعمل على توسيع الممرات أو القنوات.

وتتجه حركة سلاح الممرات والجهاز المتصل به خلال التربة ينتج تشققات جانبية ورأسية فى المنطقة الواقعة فوق المصرف الفراغى مما يزيد من حركة الماء من أعلى الى المصرف الفراغى.

ويمكن تبطين القنوات الفراغية بمواد بلاستيكية لتفوق جدرانها وزيادة عمرها. ويجب أن تكون بها مَنَول مناسبه حتى لا تتوقف بها المياه وتؤدى الى انهيار الجدران وترسيب الطين فيها. حيث يتراوح الأتحدار بين ١-٣٪ وعادة ما يصل طول هذه المصارف من ٦٠-١٠٠م وقد تصل فى بعض الأحيان الى ٦٠٠م وتصل أعماق هذه المصارف من ٦٠-٩٠ سم حسب طول سلاح المحراث المستخدم فى أنشائها وعادة ما تكون المصارف الفراغية moles عمودية على شبكة المصرف المنطى اذا كانت المسافة بين الحقلية كبيرة بهدف رفع كفاءة شبكة المصرف المنطى خاصة فى الأرضى الطينية ثقيلة القوام ذات معدلات التوصيل الهيدرولى المنخفضة ويتوقف نجاح هذه المصارف على مدى ثبات بناء التربة ومحتواها من الطين والرطوبة وقت الأنشاء. وأى انها لا تستخدم هذه المصارف الفراغية moles فى الأرضى الرملية. والفائدة من هذا النوع من المصارف الى تحسن درجة نفاذية الطبقة السطحية من الأرض ولا يمكن الاعتماد عليه فى التحكم فى منسوب المياه الجوفية.

الباب السادس

تقييم نظم الصرف الزراعي

يلزم لعمل تقييم لشبكة الصرف الزراعي عمل خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة وتحديد عمق المصارف وتقدير معامل التوصيل الهيدروليكي في الحقل وكذلك تحديد عمق الطبقة الصماء ورصد التغيرات في مناسيب الماء الأرضي عن طريق وضع شبكة منظمة من البيزومتريات أو آبار الملاحظة في المنطقة وقياس تصرفات المصارف ومن هذه القياسات والتغيرات يمكن حساب:

معامل شدة الصرف (a) Drainage intensity factor

أن معامل شدة الصرف (a) من أهم عناصر اختبار صلاحية نظام الصرف الزراعي. ويعتبر معامل شدة الصرف (a) دالة لكل من معامل التوصيل الهيدروليكي (K) والعمق المكافئ للطبقة الصماء (de) والمسامية الصرفية (f) والمسافة بين المصارف (L) وقد وجد أن هناك علاقة بين معامل شدة الصرف وهبوط مستوى الماء الأرضي حيث تشير القيم العالية لمعامل شدة الصرف إلى سرعة هبوط الماء الأرضي بينما تكون منخفضة إذا كان معدل هبوط الماء الأرضي بطيئاً. ويمكن التعبير عن تنحذب الماء الأرضي كدالة لكل من شدة وعمق نظام الصرف.

حساب معامل شدة الصرف في السريان الغير مستقر :

معادلة ديلمان ويرا فورد (١٩٧٦)

$$a = \frac{2.3 \log h_0 - \log h_t}{t} \quad \text{or} \quad (1)$$
$$a = \frac{2.3 \log q_0 - \log q_t}{t}$$

حيث t هي الفترة الزمنية باليوم اللازمة لهبوط الماء الأرضي من h_0 إلى h_1
 h_0 الضاغط الهيدروليكي بالمتر عند البداية ($t = 0$) عند منتصف
المسافة بين المصارف.
 h_1 الضاغط الهيدروليكي بالمتر عند نهاية فترة زمنية معينه ($t = 1$)
عند منتصف المسافة بين المصارف.
 Q_0, Q_1 معدل تصريف مياه الصرف عند بداية الفترة الزمنية المحدده $t_0 = 1$
وعند نهاية الزمن $t = 1$

$$a = \frac{\pi^2 K \cdot de}{f L^2} \quad (2)$$

حيث

a معامل شدة الصرف (day^{-1})

K معامل التوصيل الهيدروليكي، (م/يوم)

L المسافة بين المصارف، (م)

de العمق الفعال للطبقة الصماء، (م)

f المسامية المصرفية، (كنسبة)

العمق المكافئ الطبقة الصماء (de)

يمكن حساب العمق المكافئ للطبقة الصماء (de) باستخدام معادلة هوخ أوت
(١٩٤٠).

$$de = \frac{D}{\frac{8D}{\pi L} \ln \frac{D}{u} + 1}$$

حيث D المسافة من المصرف إلى الطبقة الصماء (م)

S, de كما ذكرت في المعادلة السابقة

u المحيط المبتل للمصرف

Transmissivity

ويمكن تعريف "T" Transmissivity على أنها حاصل ضرب معامل التوصيل الهيدروليكي (K) وسماك الطبقة الحاملة للمياه (D) aquifer وبالتالي فإن Transmissivity هي معدل التدفق للمياه عندما يكون التدرج الهيدروليكي يساوى الوحدة خلال وحدة المساحات لوحدة العرض على الطول الكلى لسماك الطبقة الحاملة للمياه.

كما يمكن حساب "T" Transmissivity من القياسات الحقلية لكل من تصرف المصرف (q) وإرتفاع منسوب الماء الأرضى فوق محور المصرف (h) كما فى المعادلة الآتية:

$$K de = T = L^2 q_r / 2 \pi h_i$$

حيث L, q_r, K, h_i & de كما وضحت سابقاً.

مقاومة الحركة Flow resistance

وجد أن الفاقد الكلى للضاغط الهيدروليكي ($h_{tot.}$) المطلوب لتدفق المياه يمكن أن يقسم الى أربع مكونات :

$$h_{tot.} = h_v + h_h + h_r + h_e = q w_v + q L w_h + q L w_r + q L w_e$$

حيث أن V, h, r, e يشير الى التدفق الرأسى والأفقى والأشعاعى ومقاومة الدخول.

W : المقاومة

L : طول المصرف

q : تصرف المصرف

والتدفق الأفقى والأشعاعى والدخول يساوى تصرف المصرف لوحدة الأطوال من المصرف. بينما التدفق الرأسى يساوى معدل تصرف المصرف لوحدة المساحة السطحية.

المقاومة الإشعاعية Radial resistance

يمكن حساب المقاومة الإشعاعية لحركة المياه تجاه المصارف من معادلة:

$$r_r = h/q = \frac{1}{2\pi K} \ln (R_h/R_o) \text{ Cavelaars (1966-67)}$$

R_h - حدود منطقة التدفق (سم)

R_o - نصف قطر المصرف (سم)

K - معامل التوصيل الهيدروليكي سم/ساعة

h - الفاقد الهيدروليكي على طول المسافة ($R_h - R_o$) سم

q - التدفق لوحدة الأطوال من المصرف سم²/سم²/ساعة

مقاومة الدخول Entrance resistance

يمكن تقدير مقاومة دخول الماء الى المصارف عن طريق مواشير الصرف والمواد المكونه للمرشحات ونفاذية التربة فوق المصرف المنطى.

ويمكن حساب مقاومة الدخول من المعادلة (Cavelaars 1966) كما يلي:

$$r_e = \frac{1}{2\pi K} \ln (R_o/R_e)$$

$$r_e = \frac{h_e}{q} = \frac{h_e L}{Q} \quad \text{أو من معادلة ديلمان وترافورد ١٩٧٦}$$

حيث r_e - مقاومة الدخول يوم/ م

R_o - نصف القطر الفعال (سم)

R_e - نصف قطر المصرف بالسم

K - التوصيل الهيدروليكي سم/ساعة

q - معدل التدفق م³/يوم/ م من طول المصرف

Q - التصريف الكلى للمصرف م³/يوم

L - طول المصرف (م)

h_e - الفاقد في الضاغط الهيدروليكي نتيجة مقاومة الدخول (م)

المسامية الصرفية : Drainable Porosity

أن المسامية الصرفية تعتبر عامل ضرورى فى كل المعادلات التى تتبنا بمعدل هبوط الماء الأرضى وهى فى العادة تعرف بأنها حجم الماء لوحدة المساحات المتعلق عندما ينخفض مستوى الماء الأرضى وحدة المسافات. وقد أكدت الأبحاث على أن المسامية الصرفية فى السريان الغير مستقر أكثر دقة ومنطقية عند تصميم شبكة الصرف لأن كل من الزمن وعمق الماء الأرضى يأتى فى المسامية الصرفية.

وتتأثر قيم المسامية الصرفية بالماء المتصاعد الى أعلى بالخاصية الشعرية (Capillary water) من منطقة النطاق الشعرى المشبعه Saturated capillary fringe والواقع مباشرة فوق منسوب المياه الأرضية. وعادة مايزداد قيم المسامية الصرفية فى الطبقات السطحية مقارنة بقيمها فى الطبقات السفلى. كما تنخفض قيم المسامية الصرفية بزيادة قيم الكثافة الظاهرية فى نفس نوع التربة.

وتتراوح قيم المسامية الصرفية فى الأراضي الطينية الثقيلة من ٣ - ٥ ٪ وتتراوح قيمتها من الأراضي متوسطة القوام من ٦ - ٩ ٪ بينما فى الأراضي الرملية كانت تتراوح قيمة (f) بين ١٠ - ١٥ ٪.

ويمكن حساب المسامية الصرفية كما يلى:

(١) معادلة جلوفر وضئ ١٩٦٤

$$f = q / h_i (\pi / 2a)$$

$$f = \Delta S / \Delta h \quad (٢) \text{ معادلة ديلمان ١٩٧٢}$$

حيث f : المسامية الصرفية.

ΔS : التغير فى المخزون الرطوبى لوحدة المساحة السطحية لفترة زمنية معينة

Δh : التغير فى منسوب الماء الأرضى فى تلك الفترة الزمنية.

$$f = W / 0.7 (h_o - h_i) \quad (٣) \text{ معادلة ديلمان ١٩٧٢}$$

حيث (W): حجم الماء المنصرف نتيجة هبوط منسوب الماء الأرضى من h_o الى h_i ويمكن حساب (W) من قياس معدلات التصرف.

وقد تم حساب المسامية الصروفية لبعض الأراضي المصرية من معادلة المويلحي وشلفجارد ١٩٨٢ الآتية:

$$f = Q / A (h_0 - h_i) \quad (٤)$$

حيث

Q = الحجم الكلى المنصرف من المصرف (m^3) فى فترة زمنية

٠ الأيام بين الريات والتي ينخفض فيها منسوب المياه الأرضية

من h_0 الى h_i (m).

A = وحدة المساحات (m^2)

h_0, h_i = كما ذكرت سابقاً

زمن أنقطاع التدفق Tail recession (t_A)

وهو الزمن بالأيام بعد أنقطاع الأمداد أو التدفق ويمكن حسابه باستخدام

معادلة ديلمان ١٩٧٢.

$$t_A = \frac{0.4}{a} \text{ (day)}$$

Head loss fraction ($\frac{h_e}{h_{tot}}$)

يمثل (h_e) الفاقد فى الضاغط الهيدروليكي لمقاومة دخول المياه الى

المصارف ويتم ذلك عن طريق قياس الضاغط الهيدروليكي فى البيزومتر أو بئر

الملاحظة الذى وضع عند جدار المصرف (على بعد ٤٠ سم من المصرف).

بينما (h_{tot}) هو الفاقد فى الضاغط الهيدروليكي للتدفق فى مواسير الصرف

ويعمل الضاغط الهيدروليكي المقاس فى البيزومتر أو بئر الملاحظة الموجود عند

منتصف المسافة بين المصارف.

معدل هبوط مستوى الماء الأرضى يمكن حسابه كما يلى:

(١) معادلة جلفر وضم ١٩٦٤

$$H = 1.16 H_0 e^{-at}$$

(٢) معادلة ديلمان وترافورد ١٩٧٦

$$H = H_0 e^{-at}$$

(٣) معادلة حماد ١٩٦٢

$$H = H_0 e^{-Bt}$$

$$B = \frac{2 \pi K}{FL \ln (2L/\pi d)} \quad \text{حيث}$$

(٤) معادلة حثوت ١٩٧٢

$$H = (H_0 - d/2) e^{\alpha t} + d/2$$

$$\alpha = [2 \pi K / (fL \ln \sinh(d/2L))] \quad \text{حيث}$$

- Abu-zeid, M.A., (1966) Considerations or multiple well systems for drainage. The Proc. of the Eng. Soc. U.A.R., vol V No.1
- Abu-Zeid, M.A., (1966) Pumping Operation of Drainage Wells. Journal of the Egyptian Soc. of Eng., vol IV No.4.
- Amer, M.H., (1965) Proposed Design Spacing Equations for Transient Tile Drainage. Ph. D. (Eng.) Thesis, University of California, Davis.
- Baver, L.D., (1949) Soil Physic. 2nded, wiley, New york.
- Beers, W.F.J. van, (1958) The Auger Hole Method. International Instit. for Land Recl. & Improvement, Bull. 1, Wageningen Netherlands.
- Doneen, L.D. (1948) The quality of Irrigation Water and Soil Permeability. Soil Sc. Soc. of Amer, Proc. Vol 13.
- Dumm, Lee D., (1954) Drain Spacing Formula. Agric. Eng. USA, 35.
- Ernst L.F., (1950) A new Formula for the Calculation of the permeability Factor with the Auger-hole Method. Translated by Baver, H. Cornell Univ. Ithaca, New York (1955).
- Ernst, L.F., (1962) Grownwater Flow in the Saturated Zone and its calculation when Horizontal Parallel Open Conduits are Present. Versl. Landbouwk. Cendery. No. 67.15 - Wagingen.
- Glover, N.E., (1964) Groundwater Movement. U.S. Dep. of the interner, Bureau of Recl. A Water Resources Technical Publication, Eng. Monograph No. 31.
- Hammad, Y.H., (1957) A hydrodynamic Theory of water Movement towards Covered Draine with Application to some Field Problems. Alex. Univ. Press.
- Hammad, Y.H., (1962) Depth and Spacing of Tile Drains Systems. Journal of Irr. and Drainage Divi. Procee. of ASCE.

- Amer, M.H., and Abd el-Dayem, M.S., (1972). Graphical solution of Amer and Luthin's equation for tile drains. I.C.I.D. Bulletin, New Delhi.
- Aronovici, V.S., and Donnan, W.W., (1946). Soil permeability as a criterion for drainage design. Trans. Am. Geophys. Union. 27, 95.
- Baver, L.D. (1965). Soil physics. Third Edition, John Wiley and Sons, Inc. New York Chapman and Hall, Limited, London.
- Dieleman, P.J., and De Rider, A.N., (1972). Elementary Groundwater Hydraulics. In: Drainage Principles and Practices, Vol. I, ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Dieleman, P.J., and Trafford, B.D., (1976). Drainage testing Irrigation and Drainage Paper No. 28, FAO, Rome.
- Dumm, L.D., (1960). Validity and use of the transient-flow concept in subsurface drainage. paper presented before A.S.A.E. meeting, Memphis, Tennessee. - Dec. 4-7.
- Dumm, L.D. (1954) New formula for determining depth and spacing of subsurface drains in irrigated land. Agr. Eng. 33: 726-730.
- Dumm, L.D., (1964). Transient flow concept in subsurface drainage, its validity and use. Transactions A.S.A.E., 7:142.
- El-Hamchary, S.A., and Ali, H.H., (1985a). The problem of improper tile drains installation. Communications in Agri-Sciences and Development Research Vol. 12 No. 121: 75-82.
- El-Mowelhi, N.M., and Schiffgaarde, J.V., (1982). Computation of soil hydrological constants from field experiments in some soils of Egypt. Transactions of the ASAE 984-986.
- Erikson, J., (1982). A field method to check subsurface-drainage efficiency. The international drainage workshop sponsored by the corrugated plastic tubing association. Washington, D.C. December 5-12, 1982.

- Hammad, Y.H., (1964) Design of Tile Drainage for Arid Regions. Journal of Irr. and Drainage Divi. Procee. of ASCE. Vol 90.
- Kirkham & Toksoz, S. (1961) Graphical Solution and Interpretation of a New Drain Spacing Formula, Jour. of Geoph. Res 60.
- Kirkham, (1960) An upper limit for the height of the Water Table in Drainage Design Formulas, Trans. Inter. Congress. Soil Sci. 7th congress. Madison I.
- Kirkham, Don & Bavel, C.H.M. Van (1948), Field Measurement of Soil Permeability Using Auger Holes. Soil Sci. Proc. 13.
- Luthin, J.N. & Worstell, R.V. (1959) The Falling Watertable in Tile Drainage Part 2.
- Luthin, J.N., (1957) Drainage of Agricultural Lands. Amer. Soc. of Agronomy. Publ. Madison Wisconsin.
- Moody W.T., (1966) Non-Linear Differential Equations of Drain Spacing, Journal of the Irr. and Drainage of Field Drainage. ASCE No. 1 R2.
- Schilfsgaarde, (1963) Design of tile Drainage for Falling Water Tables, Journal of the Irr. and Drainage Division ASCE, vol 89 No. 3543 vol 90 No. 4028.
- Terzaghi, K & Peck, R.B. (1948) Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons New York.
- US Salinity Laboratory Staff (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. USDA Handbook No. 60.
- Visser, W.C. (1954) Tile Drainsge in the Netherlands. Netherlands Journal of Agr. Sci. Vol 2.
- Amer, H., and Luthin, (1967). proposed drain spacing equation and experimental check of transient equation with the Heléshow model. Int. Soil water symposium proceeding, prague, I.C.I.D. New Delhi.

- FAO (2000) Irrigation and Drainage Paper (60) Materials for subsurface land drainage system.
- Hooghoudt, S.B., (1940). Bijdragen tot de kennis van enige natuurkundige groot-heden van de grond. No. 7 versl. land bouwkw. onderz. 46:515-707.
- Hooghoudt, S.B., (1952). Tile drainage and subirrigation. Soil Sci. 74:35-48.
- Kirkham, D., (1960). An upper limit for the height of the water table in drainage-design formulas. Trans. Intern. Congr. Soil Si. 7th Congr. Madison 1:486-492.
- Kirkham, D., (1940). Pressure and stream distribution in water logged Land overlying an impervious layer. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 5.65. Cited after Bayer, L.D., 1956.
- Kirkham, D., (1947). Reduction of seepage to soil under drains resulting from their partial embedment in, or proximity to, and impervious substratum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12, 54. cited after Bayer, L.D., 1956.
- Kirkham, D., (1961). Agriculture drainage. Unpublished typewritten lectures. Notes given in Alex. Instit. of land Reclam. Univ. of Alex. Egypt.
- Kirkham, D., and Gaskell, R.E., (1950). The falling water table in tile and ditch drainage. Soil Sci. Soc. Am. proc. 15: 37-42.
- Luthin, J.N., (1957). Drainage of Agriculture lands. Monograph 7. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Pub 16 Vol. 1 Drainage Principles and Applications (1972) Institute for Land Reclamation and Imporement ITRI , Pub 16 Vol. 2 Drainage Principles and Applications (1973) Institute for Land Reclamation and Imporement ITRI , Pub 16 Vol. 2 Drainage Principles and Applications (1974) Institute for Land Reclamation and Imporement ITRI ,
- Rhoades, J.D. (1974) Drainage for Salinity control. In Drainage for agriculture, ed. J. VanSchilfgaarde, Agronomy. 17, 433-468.

- Saad, A.F., (1986) Study of Some Hydrophysical Parameters and Hydrogeological Situation of clay soils under Tile Drainage System. M. Sc. (Agric.) Thesis, University of Alexandria, Egypt.
- Schiffgaares, V.J., (1963). Design of tile drainage for falling water table. Jr. of the Irrig. and Drainage Div. Proc. of the Am. Soc. of Civil Eng. Vol. 90, No. IR 2: 1-11.
- Skaggs, R.W., Wells, L.G., and Ghatte, R.S., (1978). Predicted and measured drainable porosities for field soils. Transactions of the ASAE 522-528.
- Skaggs, W.R., (1976). Determination of the hydraulic conductivity drainable porosity ratio from water table measurements. Transactions of the ASAE Vol. 19: 73-84.
- Van Schilfgaarde, J.g. (1974) Saturated flow theory and its application. Non - Steady Flow to drains. In Drainage for agriculture, ed. J. Van Schilfgaarde, Agronomy, 17, 245-270.
- Wesseling, J., (1973). Subsurface flow into drains. In. Drainage principles and practices, Vol. II, ILRI, Wageningen The Netherlands.
- Wesseling, J., and Homma, F., (1967). Entrance resistance of plastic drain tubes. Neth. J. Agric. Sci., 153: 170-182.
- الصرف في الأراضي الزراعية (١٩٦٧) م. عبد السلام هاشم ، م. نجيب سعيد ، د. محمود عبد الحليم أبو زيد.
- وزارة الري ، للتقارير الفنية لوحدات بحوث وزارة الري.
- أساسيات الري والصرف ١٩٩٠ - د. أحمد فتحى - د. فتحى عسكر - د. محمد نجيب عبد العظيم.
- محاضرات في الري والصرف الزراعى ١٩٨٢ - أ.د. محمود فهمى - د. فتحى عسكر.
- الصرف في استصلاح الأراضي - أ.د. مصطفى علامه - قسم الأراضي والمياه - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.
- الري الزراعى فى عمليات استصلاح الأراضي (٢٠٠٠) أ.د. احمد محمد فتحى - قسم الأراضي والمياه - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.

حقوق الطبع محفوظة

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية

٢٠١٠/٢٢٣١٨


الترقيم الدولي

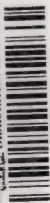
977-5245-79-6

الفتح للطباعة والنشر

أمام كلية حقوق الاسكندرية

ف: ٤٨٧٠٢٠٤ ت: ٤٨٤٠٦٦٤ - ٤٨٧٠٢٠٣

 Bibliotheca Alexandrina



0940297